THESE

Présentée

à

L'UNIVERSITÉ DE PARIS-SUD – CENTRE D'ORSAY

par

Emmanuel BRANDT

pour l'obtention

du titre de Docteur de 3ème Cycle

Spécialité : **PHYSIQUE DES GAZ ET PLASMAS**

OPTIMISATION DE RESSOURCES POUR DES TRANSMISSIONS PAR SATELLITES UTILISANT L'AMRT

Soutenue le 25 juin 1982 devant la Commission d'examen

MM. FITAIRE Président
FEIX Examinateur
MINOUX Examinateur
LOMBARD Examinateur

THESE

Présentée

à

L'UNIVERSITÉ DE PARIS-SUD – CENTRE D'ORSAY

par

Emmanuel BRANDT

pour l'obtention

du titre de Docteur de 3ème Cycle

Spécialité : **PHYSIQUE DES GAZ ET PLASMAS**

OPTIMISATION DE RESSOURCES POUR DES TRANSMISSIONS PAR SATELLITES UTILISANT L'AMRT

Soutenue le 25 juin 1982 devant la Commission d'examen

MM.	FITAIRE	Président
	FEIX	Examinateur
	MINOUX	Examinateur
	LOMBARD	Examinateur

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Monsieur FITAIRE d'avoir bien voulu présider mon jury de thèse.

Je suis particulièrement reconnaissant à Monsieur FEIX de m'avoir accueilli dans son équipe et d'avoir constamment dirigé mon travail. Je le remercie de savoir communiquer à la fois la rigueur scientifique et le sens du travail en équipe.

Qu'il me soit permis de remercier ici M. BOUSQUET et M. MINOUX pour les conseils qu'ils ont bien voulu me prodiguer en diverses occasions et les périodes de réflexion menées en commun.

Je remercie M. LOMBARD pour m'avoir laissé participer au projet TELECOM I et pour sa participation à mon jury.

Je voudrais témoigner toute ma reconnaissance à mes collègues du CNET, M. DELACROIX, M. LAURENT, Mme PORTENEUVE, M. RIGUET et tous ceux qui par leur aide et leurs encouragements m'ont permis de mener à bien ce travail.

Je remercie enfin, M. REVAH, Directeur du Centre de Recherche en Physique de l'Environnement Terrestre et Planétaire pour m'avoir accueilli dans son laboratoire d'Issy-les-Moulineaux.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543515_0002

SOMMAIRE

	Pages
AVANT PROPOS	1
NOTATIONS	5
PREMIERE PARTIE	7
CHAPITRE I - Introduction à l'accès multiple aux satellites de télécommunication	9
I.1. L'accès multiple aux satellites de télécommunication	11
I.2. L'accès multiple par répartition en fréquence ou AMRF	14
I.3. L'accès multiple par répartition dans le temps ou AMRT	20
CHAPITRE II - Rappels sur les problèmes d'ordonnancement et liens avec la gestion d'une trame AMRT de satellite	27
II.1. Introduction	29
II.2. Les aspects communs aux problèmes d'ordonnancement	29
II.2.1. Définition	29
II.2.2. Choix d'un ordonnancement	32
II.3. Les différences	33
II.4. Méthode de traitement des problèmes d'ordonnancement	34
II.5. Liens avec la gestion d'une trame AMRT	36

Pages

II.6. Les emplois du temps pour une trame AMRT 38
II.6.1. Ordonnancement des tâches sans contrainte 39
II.6.2. Ordonnancement pour des tâches ne pouvant avoir entre elles que des contraintes disjonctives 48
II.6.3. Une méthode dynamique d'ordonnancement par regret 51

CHAPITRE III - Gestion d'une trame AMRT : vue d'ensemble des principaux algorithmes et étude comparative 61

III.1. Classification et énoncé des problèmes types 63

III.2. Les problèmes "en nombres entiers" 64
III.2.1. Introduction 64
III.2.2. But et contraintes du problème d'affectation 64
III.2.3. Le problème est NP-complet 71
III.2.4. Mesure des performances 75
III.2.5. Trois méthodes heuristiques 78
III.2.6. Comparaison des performances 155

III.3. Tassement et insertion 160

III.4. Les problèmes quasi-continus 168
III.4.1. Algorithme "glouton" 170
III.4.2. Algorithme de INUKAI 184
III.4.3. Utilisation des carrés magiques 196

III.5. Conclusion 226

BIBLIOGRAPHIE 231

Pages

DEUXIEME PARTIE - LE SYSTEME A SATELLITE DE ECS 235

CHAPITRE I - Présentation du système ECS 237

I.1. Introduction 239

I.2. Principales caractéristiques techniques du système ECS 243

I.3. Les matrices de trafic 246

I.4. Contraintes de fonctionnement de l'AMRT 247

I.5. Les problèmes traités 248

CHAPITRE II - Traitement des trafics non CNC 251

II.1. Introduction 253

II.2. La résolution du problème 253

II.3. Calcul de la limite inférieure pour la longueur effectivement occupée sur la trame 255

II.4. Algorithme de traitement appliqué à la matrice de trafic T 257

CHAPITRE III - Traitement des trafics non CNC et CNC 261

III.1. Introduction 263

III.2. Concentrateurs numériques de conversation 263

III.3. La résolution du problème 271

CHAPITRE IV - Données numériques, résultats et programme de traitement 275

IV.1. Introduction 277

IV.2. Traitement complet des matrices de trafic de 1983 à 1990 avec un seuil de 60 279

IV.3. Méthode d'exploitation du programme "SAT-ECS" 419

IV.4. Listing du programme "SAT-ECS" et algorithme 429

Pages

TROISIEME PARTIE 495

CHAPITRE I - Le système TELECOM I 497

I.1. Généralités et description du système 499

I.2. Les contraintes imposées par l'AMRT de TELECOM I 510

I.3. Les objectifs du programme de gestion de trame et son mode de fonctionnement 512

CHAPITRE II - Gestion de la trame AMRT 515

II.1. Choix d'un mode de représentation 517

II.2. Description de l'algorithme de gestion de trame 525

II.2.1. Introduction 525

II.2.2. Algorithme de création d'une liaison 529

II.2.3. Suppression d'une liaison 533

II.2.4. Tassement des trafics 535

II.3. Conclusion 537

BIBLIOGRAPHIE 539

AVANT PROPOS

L'optimisation des ressources pour la transmission par satellite utilisant l'AMRT ("Accès Multiple par Répartition dans le Temps") passe par la résolution de très nombreux problèmes parmi lesquels nous n'aborderons que ceux relatifs à la "gestion de trame du satellite", c'est-à-dire l'organisation des liaisons entre les stations à terre et le satellite de télécommunication, dans le but d'utiliser au mieux ses capacités de transmission.

Nous avons pour ce faire divisé cette étude en trois parties.

La première partie commence par décrire les techniques d'accès les plus couramment utilisées dans un système de transmission par satellite et plus particulièrement "l'accès multiple par répartition en fréquence" ou AMRF et "l'accès multiple par répartition dans le temps" ou AMRT. Après un rappel général sur les "problèmes d'ordonnancement", nous verrons comment un problème de "gestion de trame de satellite" peut s'exprimer sous cette forme et plus précisément quel est le type de contrainte que l'on rencontre. Afin d'avoir sur les problèmes de "gestion de trame" une vue d'ensemble et de pouvoir les classer en différents types, nous avons analysé d'une part, la littérature existante et d'autre part, les problèmes concrets posés par des systèmes de transmission existant ou en projet (ECS, Telecom I, etc.). Pour chaque type de problème, nous avons décrit la ou les méthodes de traitement existant dans la littérature parmi celles qui nous ont paru être les plus performantes ; nous

avons parfois été amené à leur faire subir quelques modifications. Pour certains problèmes particuliers, nous avons du créer des algorithmes originaux spécialement adaptés.

La deuxième partie est entièrement consacrée au traitement du problème concret posé par le système de transmission par satellite ECS (European Communication Satellite). Le satellite devrait être opérationnel à partir de 1983, son but est principalement d'assurer des liaisons téléphoniques entre 15 stations à fort trafic réparties à travers l'Europe. Ces stations se partagent les services du satellite grâce à un système "d'accès multiple par répartition dans le temps". Les besoins en trafic entre les stations sont prévus année par année sous forme de "matrices de trafic" jusqu'en 1990. Pour assurer les transmissions, le satellite est équipé d'une antenne réceptrice, de plusieurs équipements d'amplification et de réémission pouvant fonctionner simultanément ainsi que de trois antennes ne couvrant chacune qu'une partie de l'Europe. Nous développerons pour ce système un algorithme original de traitement qui est spécifiquement adapté aux contraintes de ce problème. A partir des "matrices de trafic", l'algorithme donne l'emploi du temps complet des stations au sol et des équipements du satellite permettant ainsi d'utiliser au mieux les ressources en matériel. Cet algorithme sera ensuite effectivement appliqué aux matrices de trafic pour les 7 années de 1983 à 1990.

La troisième partie est elle aussi consacrée à la résolution d'un problème concret ; il s'agit du système de transmission utilisant le satellite Telecom I.

Ce système diffère complètement du précédent tant par ses buts que par son architecture.

Le réseau est composé d'un grand nombre de petites stations (jusqu'à 320) implantées à proximité des utilisateurs. Elles sont relativement peu chères donc techniquement simples. Le but du système est d'offrir aux utilisateurs un service complet de liaisons (visio-conférence, télex, télécopie, transfert de données, téléphone, etc.).

L'accès au satellite utilise la technique "d'accès multiple par répartition dans le temps" ou AMRT et se fait suivant deux modes "appel" et "réservation".

Le mode "réservation" permet de retenir une tranche horaire jusqu'à 4 semaines avant la date.

Dans le mode "appel", le système doit dans un délai de quelques secondes, établir ou refuser la ligne.

Pour assurer l'interconnection entre les stations, le satellite dispose de 5 "répéteurs" fonctionnant simultanément, chaque station ne pouvant accéder qu'à un seul "répéteur" toujours le même.

La principale différence avec le système à satellite de ECS est la nécessité d'une gestion dynamique de la trame AMRT. En effet, avec le système à satellite de ECS, la demande en trafic entre les stations est quasi statique, les variations n'existant que d'une année à l'autre alors qu'avec Telecom I, les modes de travail "appel" et "réservation" imposent des variations permanentes du trafic. On est donc conduit, d'une part, à trouver un mode de représentation pour le plan de charge du satellite qui ne soit pas trop volumineux ; d'autre part, un algorithme de traitement capable de travailler en temps réel, c'est-à-dire à l'échelle de la seconde.

NOTATIONS UTILISEES DANS LE TEXTE

CT	Circuit (ou canal) terreste désigne une voie téléphonique au sol
CS	Circuit (ou canal) satellite
T	désigne la matrice de trafic, c'est-à-dire les besoins en CS entre stations
τ_{ij}	élément de la matrice de trafic T, c'est le nombre de CS nécessaire entre les stations S_i et S_j
M	est une matrice de mode, ou couplage
m_{ij}	élément d'une matrice de mode
R	rendement de remplissage de la trame, soit le rapport de la longueur réelle occupée sur la trame par des trafics à la longueur minimale théorique possible ou un minorant

AUTRES ABREVIATIONS

AMRF	Accès multiple par répartition en fréquence
AMRT	Accès multiple par répartition dans le temps
CNC	Concentrateur numérique de conversations se dit en anglais DSI (digital speach interpolation).

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE I - Introduction à l'accès multiple aux satellites de télécommunication

I.1. L'ACCES MULTIPLE AUX SATELLITES DE TELECOMMUNICATION

I.2. L'ACCES MULTIPLE PAR REPARTITION EN FREQUENCE OU AMRF

I.3. L'ACCES MULTIPLE PAR REPARTITION DANS LE TEMPS OU AMRT

I.1. L'ACCES MULTIPLE AUX SATELLITES DE TELECOMMUNICATION

Le développement croissant des systèmes de transmission par satellite est lié d'une part, aux progrès rapides de la technologie spatiale et d'autre part, aux avantages originaux qu'ils procurent par rapport aux moyens de communication traditionnels (cable, hertzien).

Un satellite placé sur une orbite géostationnaire (36.000 km) est capable de relier deux points de la terre situés pratiquement aux antipodes. En effet, la zone à l'intérieur de laquelle le satellite reste visible est pratiquement une calotte sphérique dont la surface représente environ 40% de la surface totale de la terre.

L'utilisation d'un satellite pour une seule liaison même bilatérale représente une énorme perte ; il devient beaucoup plus intéressant lorsque l'on établi plusieurs liaisons simultanées entre des stations disséminées à l'intérieur de la zone de couverture. Il devient alors le point central d'un réseau de stations terrestres. La possibilité d'accès multiples simultanés au satellite permet d'établir presque instantanément des liaisons entre n'importe laquelle des stations couvertes procurant ainsi une grande souplesse d'utilisation.

Sans jamais prétendre remplacer les moyens traditionnels (cables, hertzien) dont ils n'ont pas la capacité de transmission, les satellites de télécommunication représentent pour les pays de grande superficie, ou dont la géographie se prête mal à l'implantation d'un réseau traditionnel, une solution moins coûteuse et plus souple d'utilisation.

Il permet alors de relier des stations terrestres installées près des centres à desservir et d'éviter l'installation de connexions fixes au sol. Cet avantage est encore plus appréciable pour des liaisons entre mobiles (trains, bateaux, avions, etc.).

Pour les pays possédant déjà une infrastructure classique de transmission, le satellite peut servir soit à alléger la charge globale du réseau en place surtout pour du trafic à longue distance, mais aussi pour établir des liaisons spécialisées (TV, radio, transmission de données, etc.).

L'intérêt présenté par les satellites de télécommunication a entraîné un afflux de demandes, et il a rapidement fallu trouver des dispositifs efficaces pour accroître leur capacité, en permettant ainsi à un grand nombre de stations disséminées sur de vastes étendues, de se partager les services d'un même satellite.

Parmi les techniques permettant un accès multiple au satellite, nous en présenterons deux ; celle qui est actuellement la plus utilisée, c'est l'accès multiple à répartition en fréquence ou AMRF (cf. I.2.) ; et celle encore plus performante qui équipera la plupart des futurs satellites de télécommunication, c'est l'accès multiple par répartition dans le temps ou AMRT (cf. I.3.).

Ces systèmes visant à accroître la capacité des satellites de télécommunication sont d'autant plus importants qu'il existe une limite physique au nombre de satellites de télécommunication que l'on peut utiliser sur l'orbite géostationnaire. En effet, les stations terrestres émettent vers le satellite avec des antennes dont le lobe

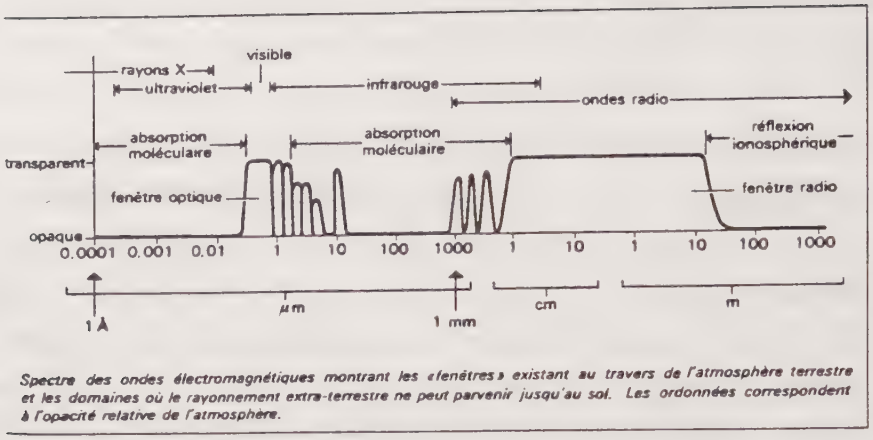
a une ouverture qui peut difficilement être plus faible que 1/2 degré.

Entre les satellites placés consécutivement sur l'orbite géostationnaire, on est donc conduit à ménager un écart angulaire minimum afin d'éviter les interférences entre les transmissions. L'augmentation de la directivité des antennes au sol permettrait une meilleure utilisation de l'orbite géostationnaire mais nécessiterait de grandes antennes ce qui conduit à des stations terrestes de coût élevé, peut compatibles avec l'utilisation que l'on veut faire dans l'avenir des satellites de télécommunications, beaucoup de petites stations disséminées (exemple : Telecom I).

Il existe une autre voie qui permet d'accroître la quantité de trafics transmis entre le sol et le satellite, c'est d'utiliser des fréquences de plus en plus élevées. Cette voie se heurte rapidement à une seconde limite, c'est l'effet d'écran de l'atmosphère aux ondes électromagnétiques.

Si ce sont les fréquences élevées qui permettent une capacité de transmission accrue, ce sont aussi celles qui ont le plus de mal à traverser l'atmosphère et qui sont le plus sensibles aux perturbations telles que pluies ou orages.

Ces perturbations peuvent constituer un écran aux ondes électromagnétiques de haute fréquence (GHZ) telle que les liaisons soient totalement interrompues, ce caractère aléatoire de la transmission n'est évidemment acceptable que lorsque la probabilité d'une interruption reste très faible.



Spectre des ondes électromagnétiques montrant les «fenêtres» existant au travers de l'atmosphère terrestre et les domaines où le rayonnement extra-terrestre ne peut parvenir jusqu'au sol. Les ordonnées correspondent à l'opacité relative de l'atmosphère.

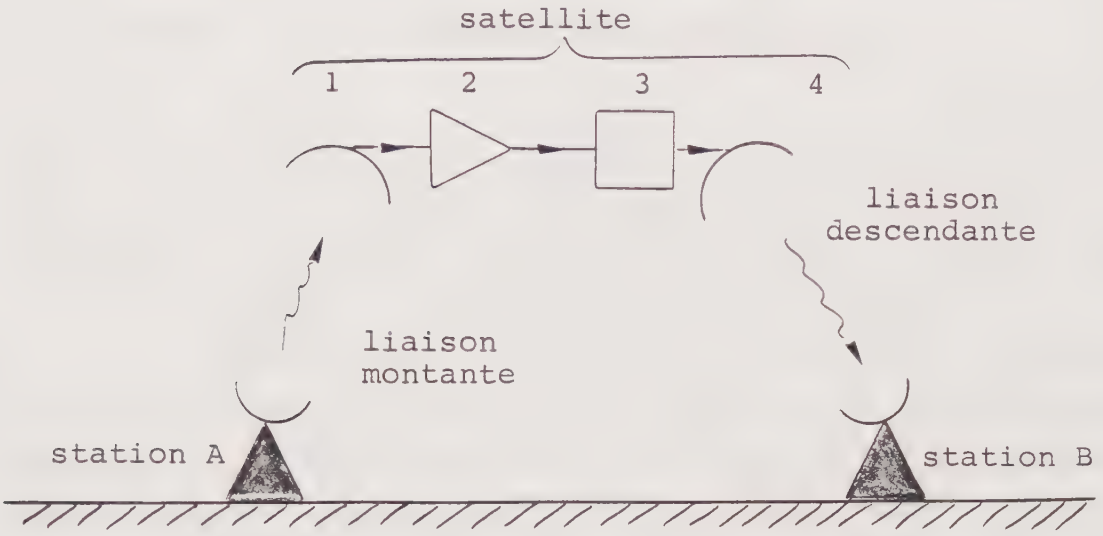
Fig. I

L'accroissement du rendement d'utilisation des satellites de télécommunication se développe surtout autour de la recherche d'une utilisation optimale de ses capacités de transmission par le perfectionnement des techniques d'accès multiple et c'est précisément à cet aspect que s'attache ce travail.

I.2. L'ACCES MULTIPLE PAR REPARTITION EN FREQUENCE OU AMRF

Les premiers satellites de télécommunication ont utilisé les mêmes techniques que les relais hertziens. Elles mettent en oeuvre pour la transmission des hyperfréquences de 3 à 10 GHZ ou ondes centimétriques demandant simultanément la visibilité directe par le satellite des deux stations. C'est pourquoi, lorsqu'on veut être en mesure d'assurer entre deux stations une liaison permanente, on place le satellite sur une orbite géostationnaire.

Schéma de principe d'une liaison unilatérale par satellite Fig. II



Légende : 1 antenne réceptrice
2 amplificateur à large bande
3 changement de fréquence et émetteur
4 antenne émettrice.

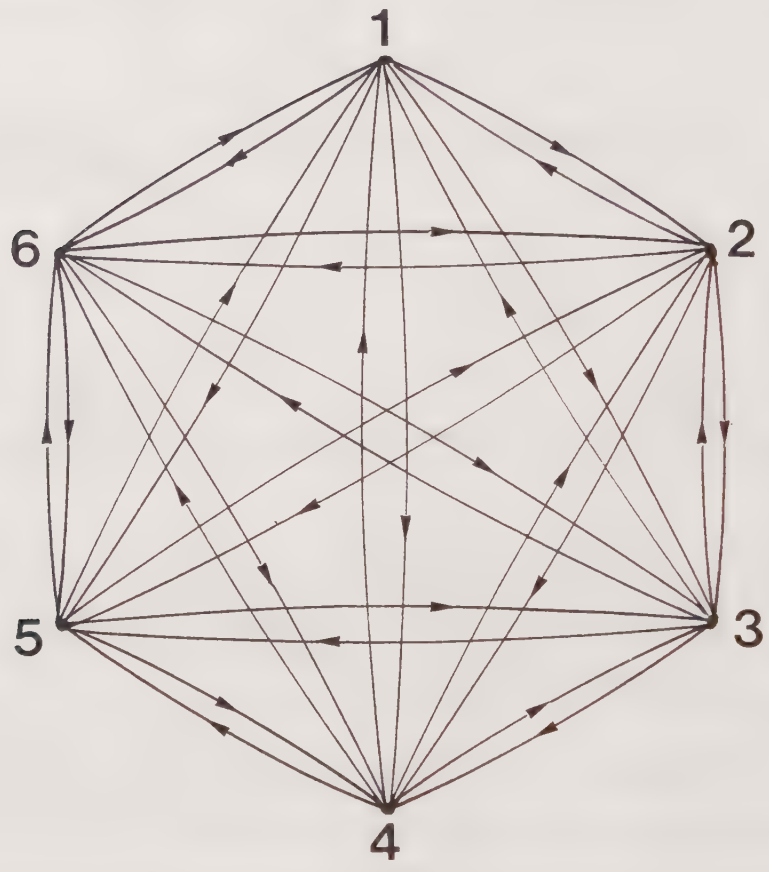
Note : Le changement de fréquence entre les liaisons montantes et descendantes est rendu nécessaire pour éviter les interférences.

On regroupe souvent sous le nom de "répéteur" les éléments 2 , 3 et 4 d'un satellite.

L'idée la plus simple pour assurer des liaisons bilatérales entre toutes les stations d'un réseau est d'établir à l'aide du satellite un maillage. Une interconnection complète entre N stations nécessite N(N-1) voies de transmission unilatérales. Pour qu'il n'y ait pas de mélange entre les voies de transmission, on affecte à chacune une fréquence distincte.

Une transmission peut se représenter à l'aide d'un graphe voici un exemple donnant les connections avec 6 stations :

GRAPHE DES LIAISONS Fig. III



Les sommets du graphe représentent les stations 1 , 2 ,..., 6 et les arêtes les voies unilatérales de transmission, on compte dans ce cas : 6(6-1) = 30 arêtes (voies) correspondant à 30 fréquences d'émission différentes.

Toutes ces transmissions passent par le répéteur du satellite qui doit pouvoir amplifier et réémettre l'ensemble de ces fréquences.

Ce système, très simple dans son principe, présente plusieurs désavantages dès que le nombre des stations du réseau augmente. C'est le cas lorsque l'on veut partager les services d'un satellite de télécommunication entre un grand nombre de petites stations disséminées.

D'une part, au niveau des stations, ce système nécessite un grand nombre de fréquences distinctes, ce qui complique rapidement l'aspect technique des équipements d'émission et augmente d'autant le coût des installations.

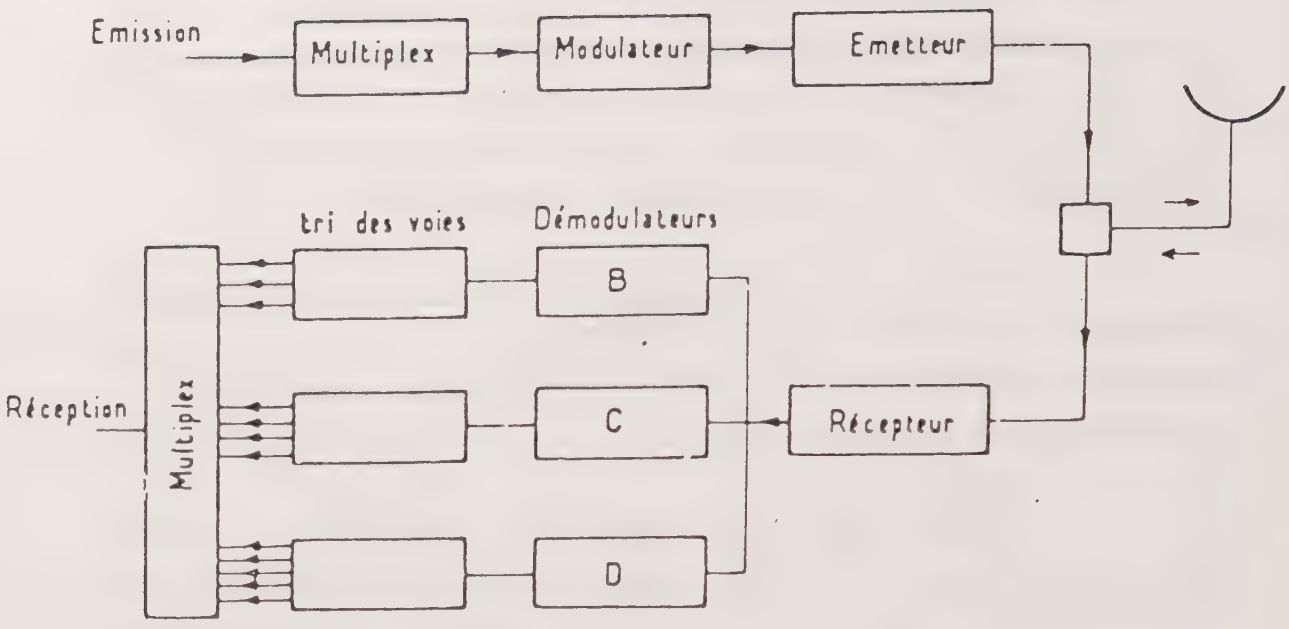
D'autre part, au niveau du satellite, le transit par le répéteur d'un grand nombre de fréquences différentes, impose pour le maintien d'une bonne qualité de transmission, de sévères contraintes ; il faut utiliser un amplificateur à large bande de très haute qualité, ce qui est peu compatible avec les conditions de poids et de consommation limitée, toujours présentes dans le domaine spatial.

Tout en assurant les mêmes services, on cherche à réduire le nombre des fréquences différentes à utiliser. Ceci est réalisé en attribuant à chaque station une seule fréquence d'émission.

Avant l'émission, les voies à destinations des différentes stations sont regroupées en une seule, cette opération est appelée "multiplexage".

L'émission à partir d'une station vers toutes les autres se fait sur une seule fréquence.

A la réception, la station procède à l'opération inverse le "démultiplexage", c'est-à-dire la séparation d'une voie de transmission en plusieurs pour ne conserver que la fraction qui la concerne.



EXEMPLE DE SYSTEME AMRF A 4 STATIONS A,B,C,D

- répartition des porteuses dans la bande du répéteur

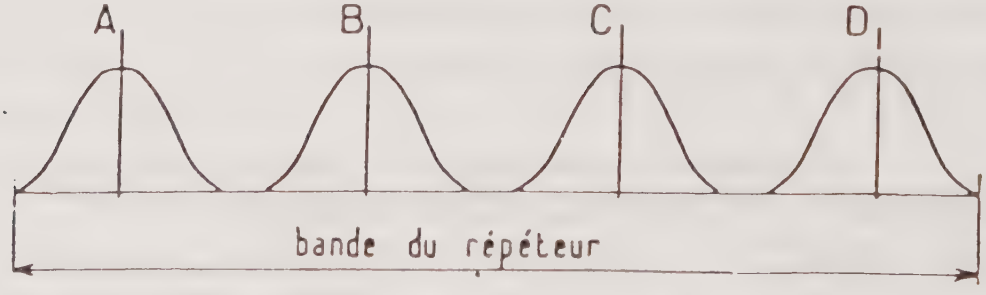


Fig. IV

Dans un réseau comprenant N stations le nombre des fréquences nécessaires à la transmission passe de N(N-1) à N.

Lorsqu'il s'agit d'utiliser un satellite de télécommunication pour desservir un grand nombre d'utilisateurs à faible trafic, tel que des villages ou des îles isolées au milieu de vastes étendues sans réseau de transmission, les stations doivent être robustes, facile d'entretien, de faible coût donc techniquement simples. Il n'est plus question d'utiliser un système tel qu'il vient d'être décrit car le rendement et la qualité de transmission se dégradent rapidement avec le nombre de fréquences porteuses donc d'utilisateurs. Afin de ne pas avoir de fréquence porteuse inutile, on place dans chaque station un dispositif qui la suprime en l'absence de signal.

Une conversation téléphonique comprenant en général plus de 60% de temps de silence, ce système permet un gain appréciable sur le nombre des fréquences porteuses à amplifier dans le satellite d'où une meilleure qualité des liaisons.

L'efficacité de la transmission peut encore être améliorée en divisant la bande passante du répéteur du satellite en tranches élémentaires appelées canaux.

Ces canaux sont utilisés sans distinction par n'importe quelle station. On affecte aux stations à relier un couple de canaux (un par sens de transmission) qui sont libérés à la fin de la conversation et peuvent être réutilisés pour une autre liaison.

Une compensation statistique intervient dans la charge instantanée du système de transmission ce qui réduit considérablement le nombre des circuits nécessaires. Le gain obtenu sur le rendement d'utilisation des circuits du satellite est d'autant plus grand que les trafics élémentaires sont petits.

C'est l'ensemble de ces techniques qui est appelé accès multiple par répartition en fréquence ou AMRF.

I.3. L'ACCES MULTIPLE A REPARTITION DANS LE TEMPS OU AMRT

Le principal problème rencontré avec la technique AMRF est dû à la multiplication du nombre des fréquences porteuses avec le nombre des stations du réseau ce qui nuit à la qualité des transmissions.

La seule façon pour un grand nombre de stations terrestres de se partager l'accès au satellite avec seulement un nombre restreint de fréquences est de le faire à tour de rôle. L'explication de cette nouvelle technique d'accès multiple au satellite exige que l'on fasse au préalable un rapide retour sur les techniques de transmission numérique (cf. |14|).

Dans tous les procédés de transmission téléphonique envisagés jusqu'à présent, on émet, on transmet et on reçoit un signal électrique qui a tout instant correspond à l'amplitude du courant téléphonique ; c'est une transmission dit "analogique" ; c'est le principe même des premiers téléphones. Des techniques nouvelles sont apparues ; déjà très employées, elles reposent sur des principes entièrement différents constituant la transmission dite "numérique".

Le théorème d'échantillonnage de Shannon montre que pour reconstituer correctement un signal dont les fréquences sont inférieures à f, il suffit de disposer de la valeur de ce courant à des instants suffisamment rapprochés appelés période d'échantillonnage T, tel que T = 1/2f.

Si l'on considère que, pour les courants vocaux, f = 4 kHz, une exploration et une mesure du courant téléphonique à transmettre doivent être effectuées tous les 125µS ce qui correspond à une fréquence d'échantillonnage de 8 kHz. La valeur du résultat de la mesure est ensuite traduite par exemple dans le système M.I.C. (modulation par impulsion et codage) sous forme numérique grâce à 8 éléments binaires (bit). L'amplitude du signal est donc quantifiée 2^8 = 256 niveaux puis est transmise sous forme d'un mot de 8 bits.

A l'arrivée, le signal subit la transformation inverse ou décodage. A partir des informations reçues sous forme binaire, on reconstitue l'amplitude du signal d'origine.

Un des nombreux avantages de cette technique est de rendre possible "le multiplexage par partage dans le temps".

Si l'on admet que 0,5µS environ suffit pour former et transmettre un élément binaire, chaque valeur mesurée demandera 0,5 x 8 = 4 µS. La période d'échantillonnage T étant de 125 µS, on pourra pendant une période T mesurer et transmettre les résultats de 125/4 soit 32 voies. Finalement, le nombre d'éléments binaires émis par seconde est alors égal à 8000 x 32 x 8 = 2,048 x 10^6 ; ce qui correspond à 32 voies dans un sens de transmission et une cadence de 2,048 Mbit/S.

Le train de 32 mots de 8 bits d'une durée de 125 µS, correspondant aux signaux des 32 vois terrestres pendant une période d'échantillonnage, forme un ensemble souvent appelé "trame M.I.C."

L'accès multiple par répartition dans le temps ou AMRT est similaire dans son principe au "multiplexage par partage dans le temps" qui vient d'être décrit.

Les voies téléphoniques terrestres arrivent à la station A sous forme numérique (M.I.C. à 2 Mbit). Le terminal AMRT de la station a pour fonction de déclencher à un instant précis l'émission des signaux vers le satellite. Cette émission se fait à haut débit à une cadence qui peut être par exemple 60 fois plus élevée que celle des circuits terrestres soit 120 Mbit ; dans ces conditions, le train de signaux vers le satellite prend 60 fois moins de temps que sur un circuitterrestre. L'émission est répétée régulièrement toutes les périodes d'échantillonnage soit toutes les 125 µS et a lieu avec un décalage fixe par rapport au début de la période dépendant de la station.

Par analogie avec les transmissions terrestres, on appelle "trame du satellite" la donnée de l'occupation des circuits du satellite pendant une période de 125 µS.

C'est donc une véritable compression dans le temps des signaux qui a lieu, laissant ainsi à plusieurs stations terrestres la possibilité d'utiliser successivement le répéteur du satellite sur une même fréquence.

Le découpage, la compression puis la décompression des signaux dans le temps n'est pas perceptible par l'utilisateur car le signal n'est pas transmis sous forme analogique mais sous forme numérique.

Schéma montrant sur un intervalle d'une durée de 125 µS, - soit une période d'échantillonage - comment se fait la compression des signaux dans le temps par le changement de la cadence de transmission.

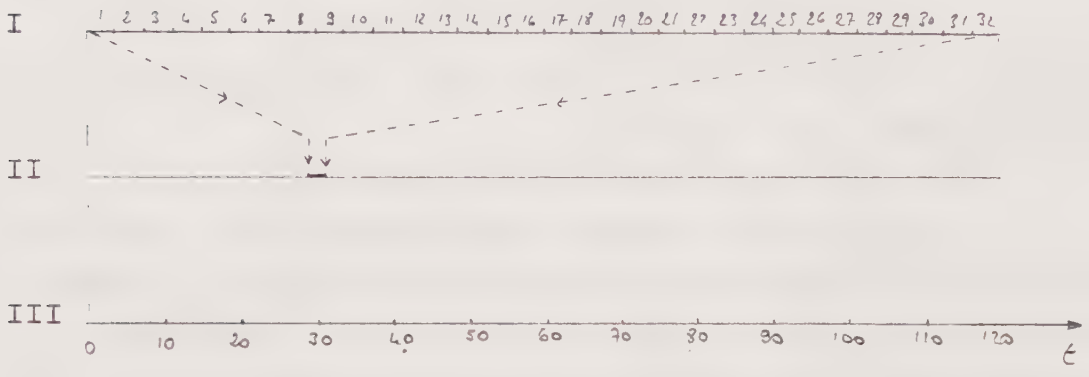


Fig. V

I Voie téléphonique terrestre (M.I.C. à 2 Mbit)
les graduations correspondent aux voies ou mot de 8 bits.

II Trame du satellite (à 120 Mbit)
l'intervalle de temps occupé est de $\frac{125}{60} = 2{,}1$ µS

III Echelle de temps graduée en µS.

Dans un système tel qu'il vient d'être défini, la trame du satellite peut supporter $\frac{120.10^6}{8000 \times 8} = 1875$ voies terrestres sur un répéteur.

La plupart des satellites travaillent en AMRT avec plusieurs répéteurs fonctionnant simultanément en parallèle. Chacun fonctionne sur le principe qui vient d'être décrit. Le choix d'un répéteur se fait à partir du sol par une fréquence caractéristique d'émission et à bord du satellite par un système de sélection utilisant un filtre.

Pour fonctionner correctement, le système d'accès multiple à répartition dans le temps nécessite d'une part, un emploi du temps précis pour l'ensemble des stations et d'autre part, une parfaite synchronisation des émissions les unes par rapport aux autres.

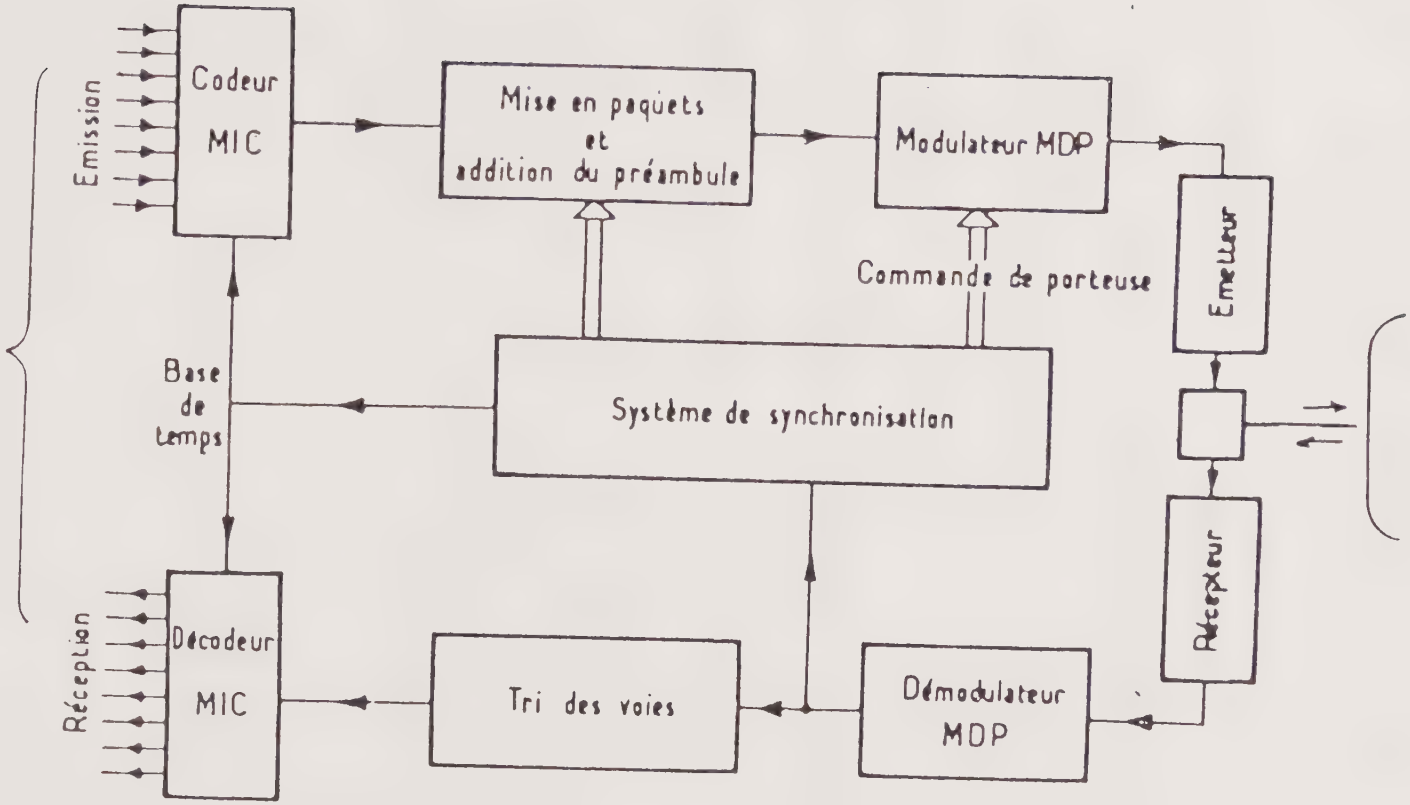
Le premier point appelé "gestion de la trame" est l'objet de l'étude qui va suivre ; le deuxième point est assuré grâce à des signaux de référence émis périodiquement par une station dite "maîtresse".

Le début de la trame, soit quelques pour cent de la totalité est réservé aux messages de service du système de synchronisation, à l'identification de la provenance, de la destination des trafics, etc. Sur le reste de la trame sont disposés les trafics des différentes stations, ils sont toujours précédés d'un préambule, sorte d'étiquette identifiant le paquet de trafics qui suit et comprenant en plus un espace de garde évitant un recouvrement éventuel des paquets successifs en cas d'une imprécision de la synchronisation.

Par son principe, ce système permet par rapport à l'AMRF une meilleure utilisation des circuits du satellite, ainsi qu'une qualité de transmission supérieure.

Le prix à payer pour ces améliorations est de trouver un emploi du temps permettant un bon remplissage de la trame sans conflit d'accès des trafics au satellite.

Fig. VI



RESEAU TERRESTRE

SHEMA SYNOPTIQUE D'UNE STATION UTILISANT

L 'AMRT - cf. (13)

CHAPITRE II - Rappels sur les problèmes d'ordonnancement et lien avec la gestion d'une trame AMRT de satellite

II.1. INTRODUCTION

II.2. LES ASPECTS COMMUNS AUX PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT

II.2.1. Définition
II.2.2. Choix d'un ordonnancement

II.3. LES DIFFERENCES

II.4. METHODE DE TRAITEMENT DES PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT

II.5. LIENS AVEC LA GESTION D'UNE TRAME AMRT

II.6. LES EMPLOIS DU TEMPS POUR UNE TRAME AMRT

II.6.1. Ordonnancement de tâches sans contraintes
II.6.2. Ordonnancement pour des tâches ne pouvant avoir entre elles que des contraintes disjonctives
II.6.3. Une méthode dynamique d'ordonnancement par regret (l'algorithme RD).

CHAPITRE II - Rappels sur les problemes d'ordonnancement et lien avec la gestion d'une trame AMRT de satellite

II.1. INTRODUCTION

Tout d'abord, nous définirions les problèmes d'ordonnancement de manière très générale, en décrivant leurs aspects communs afin d'en dégager les concepts abstraits sous-jacents. Ces problèmes sont en fait très variés et c'est en remarquant les facteurs responsables de ces différences que l'on peut être en mesure de les classer puis de les résoudre efficacement. Nous verrons comment un problème de gestion de trame AMRT d'un satellite peut s'exprimer sous forme d'un problème "d'ordonnancement" et quels sont les types de contraintes à prendre en considération.

Enfin, nous développerons plus en détail la résolution d'un type de problème dans lequel les tâches ne peuvent avoir entre elles que des contraintes d'exclusion (ou pas de contrainte), ces problèmes seront rencontrés par la suite lors du traitement de cas concrets. Ils sont parfois appelés "problèmes d'emplois du temps".

II.2. LES ASPECTS COMMUNS AUX PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT

II.2.1. Définition

Tout problème dans lequel on rencontre les trois points suivants peut être considéré comme un problème d'ordonnancement.

A. Etude d'une "réalisation"

Le champ d'application sur lequel porte les problèmes d'ordonnancement est si vaste qu'il peut s'agir d'absolument n'importe quelle entreprise humaine. On peut se borner à citer quelques exemples parmi une multitude d'autres :

- construction d'ouvrages
- objets manufacturés
- assemblages mécaniques
- organisation d'un enseignement
- traitement d'un dossier par un service ou une machine
- transmission d'un trafic par un réseau téléphonique,
- etc.

Dans toutes ces réalisations, on cherche à connaître une manière de procéder, une façon de faire.

B. Cette réalisation est décomposable en "tâches"

Les tâches désignent une ou plusieurs opérations élémentaires car souvent plusieurs partitions distinctes de la réalisation en tâches sont possibles. Il est nécessaire de procéder à une analyse préalable qui tienne compte des différents aspects du problème (but, technologie, finances, etc.) pour choisir la bonne partition de la réalisation en tâches.

La notation communément utilisée pour désigner une tâche i est T_i. Dans le cas de la gestion d'une trame de satellite, le support d'exécution des tâches est le temps, mais il existe des problèmes pour lesquels ce peut être une longueur ou même une quantité de matière.

On désigne par t_i et f_i respectivement les instants de début et de fin de T_i. S'il n'y a pas d'interruption dans l'exécution de la tâche T_i, on a : $f_i = t_i + d_i$; où d_i est la durée de T_i.

A chaque tâche, il convient d'affecter les moyens matériels nécessaires à leur exécution (outil, salle, etc.) ou des moyens en personnel (ouvrier, professeur, etc.).

C. La réalisation est soumise à un ensemble de "contraintes"

Ce sont les contraintes qui précisent les exigences imposées à la réalisation, elles peuvent dépendre de plusieurs causes. La liste suivante n'est évidemment pas limitative :

- conflit :
  deux équipes ayant besoin d'un même matériel pour accomplir une tâche ne peuvent pas la réaliser lorsque ce matériel est unique.

- le matériel :
  une machine ne peut pas traiter plus d'une tâche à la fois.

- les performances :
  capacité de travail de la machine.

- la technologie :
  vitesse de traitement limitée.

- les délais :
  avoir achevé tout ou partie des tâches avant une date fixée à l'avance.

- les finances :
pour un service donné, utiliser le moins de matériel possible ou favoriser le matériel le moins cher.

- les imprévus :
pouvoir en cas de panne, (défaillance technique, panne d'énergie, etc.), assurer un minimum de service.

etc.

Seule l'analyse détaillée du problème permet la traduction analytique correcte des contraintes. C'est un travail qui doit être mené parallèlement avec la partition de la réalisation en tâches.

II.2.2. Choix d'un ordonnancement

L'ordonnancement a pour but de fixer la partition en tâches, l'attribution des moyens nécessaires à chaque tâche et compte tenu de l'ensemble des contraintes, il doit donner la manière dont se déroule l'exécution des tâches dans le temps.

Le choix d'un ordonnancement est souvent guidé par des critères tels que :

- minimiser un nombre d'équipements pour une réalisation donnée
- moindre coût
- meilleure utilisation des moyens matériels mis en oeuvre
- adaptation facile aux fluctuations,
- etc.

Certaines tâches sont plus difficiles à placer que les autres et peuvent facilement conduire à un goulot

d'étranglement dans l'assignation, on les appelle souvent "tâches critiques". C'est souvent sur elles que doit porter toute "l'intelligence" de l'ordonnancement.

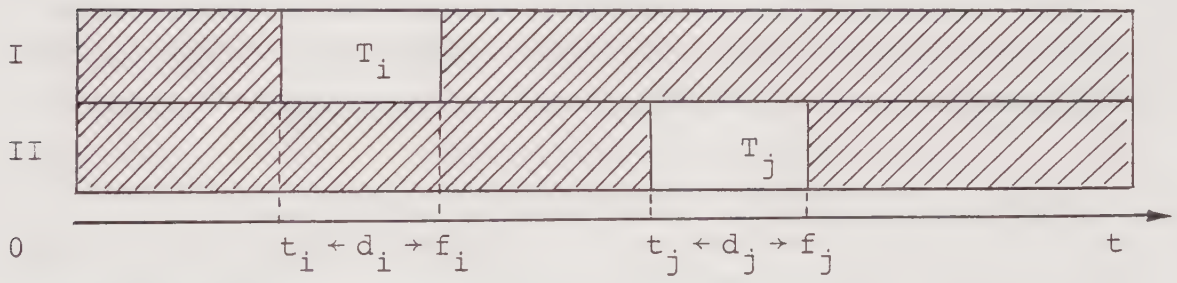
II.3. LES DIFFERENCES

C'est surtout au niveau de la nature des contraintes que se situe l'essentiel des différences entre les problèmes. On distingue en général trois types de contraintes.

A. Les contraintes de type "potentiel"

Ce type de contrainte impose une position relative dans le temps entre deux tâches. T_i et T_j, ceci s'exprime à l'aide de t_i, f_i et de t_j, f_j de la manière suivante.

$t_j - f_i > 0$ La tâche T_j doit être effectuée une fois que la tâche T_i est achevée.



Dans certain cas, un recouvrement partiel des tâches est possible, si on note par α le degré d'avancement d'une tâche, une contrainte potentielle peut s'écrire

$$t_j \geqslant t_i + \alpha\, d_i$$

ou encore une attente minimum fixée entre le début de deux tâches T_i et T_j

$$t_j \geq t_i + \lambda$$

B. Contraintes de type "disjonctif" ou "d'exclusion"

Soit T_i $[t_i, f_i]$ et T_j $[t_j, f_j]$ deux tâches définies par leur début et leur fin, on dira qu'il existe une contrainte d'exclusion ou de disjonction d'intervalle entre T_i et T_j si $[t_i, f_i] \cap [t_j, f_j] = \emptyset$.

Cette contrainte se rencontre chaque fois que l'on a plusieurs tâches qui ont besoin pour s'exécuter d'un même équipement. L'ordre dans lequel s'effectue les deux tâches est sans importance.

C. Contraintes de type "cumulatif"

Ces contraintes fixent l'évolution des ressources en moyens (machines, main-d'oeuvre, outils, etc.) au cours du temps. Si m désigne le nombre de ces moyens et f(t) la fonction du temps donnant le nombre maximum des moyens, on a toujours :

$$m \leq f(t)$$

II.4. METHODE DE TRAITEMENT DES PROBLEMES D'ORDONNANCEMENT

Lorsque la formulation d'un problème sous une forme analytique est possible, résoudre revient souvent à la recherche d'un optimum au sens mathématique de cette forme. Lorsque les critères sont complexes, l'expression

analytique devient inutilisable et il est plus raisonnable de procéder à une exploration des ordonnancements possibles. A défaut d'un optimum, on se contentera d'une solution raisonnablement proche et satisfaisante pour les utilisateurs. Dans ce cas, une démarche heuristique - c'est-à-dire basée non pas sur des critères mathématiques rigoureux mais sur des arguments de "bon sens" purement intuitifs - peut guider utilement cette exploration.

L'examen critique des résultats obtenus par les personnes compétentes permet d'affiner les heuristiques utilisées et par là la qualité des résultats.

La plupart des problèmes rencontrés ne tiennent compte que des contraintes de type potentiel et l'on utilise des méthodes telles que le PERT, CPS, etc.

Les problèmes comportants des contraintes d'exclusion avec ou sans contrainte potentielle sont de nature combinatoire et difficile à résoudre. On utilise des méthodes heuristiques qui permettent d'aboutir rapidement à des solutions proches de l'optimum et en général sans garantie d'optimalité. C'est malheureusement ce type de contrainte qui se rencontre exclusivement lors de la résolution des problèmes d'ordonnancement des trafics sur une trame AMRT.

Il n'existe pas de méthode générale qui puisse s'appliquer à la résolution de tous les cas. Les méthodes basées sur des heuristiques par leur simplicité et la rapidité de mise en oeuvre permettent d'obtenir des algorithmes d'ordonnancement possédant de bonnes performances tout en évitant de longues explorations systématiques qui souvent de par la taille des problèmes ne seraient même pas envisageables.

II.5. LIENS AVEC LA GESTION D'UNE TRAME AMRT

Les problèmes d'ordonnancement que nous allons considérer dans le reste de cette étude sont ceux posés par une utilisation optimale des ressources disponibles dans un système de transmission par satellite. Les motivations de telles recherches sont basées sur des considérations économiques de coût d'installation et d'exploitation d'une voie de transmission par satellite. On veut pouvoir utiliser au mieux de leur capacité tous les équipements disponibles et assurer l'échange d'un maximum de trafic entre les stations du réseau. Ce que nous avions appelé "réalisation" dans le rappel précédent est la donnée de l'ensemble des transmissions du réseau. Cette "réalisation" est décomposable en tâches ; une tâche étant l'acheminement d'un paquet de trafic d'une station à l'autre (téléphonie, trafic de données, etc.), les machines réalisant ces tâches à bord du satellite sont appelées répéteurs. Les moyens dont disposent les stations terrestres pour accomplir les tâches (transmission) sont les émetteurs et récepteurs. Le seul critère de choix généralement retenu pour l'évaluation d'un ordonnancement est le rendement de remplissage de la trame AMRT qui est une mesure de l'ordonnancement réellement obtenu avec celui qui serait le meilleur possible. Les "tâches critiques" sont appelées ici "trafics critiques" et ce sont ceux qui nécessitent pour être acheminés le plus grand nombre de circuits satellite (CS).

Il n'existe pas entre les trafics sur la trame AMRT de contrainte potentielle, leur position relative est sans importance. Seul peuvent exister des contraintes de disjonction d'intervalle ou d'exclusion. Elles proviennent de l'unicité de l'émetteur et du récepteur de chaque station terrestre. Une station au sol ne peut pas émettre ou

recevoir du trafic simultanément de ou vers plusieurs répéteurs du satellite.

Le trafic est le plus souvent exprimé sous forme d'une matrice - "matrice de trafic" - qui exprime pour une période donnée les besoins en circuits entre les stations.

Exemple

Stations destinations

Stations Provenance	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
S_1	τ_{11}	τ_{12}	τ_{13}	τ_{14}	τ_{15}
S_2	τ_{21}	τ_{22}	τ_{23}	τ_{24}	τ_{25}
S_3	τ_{31}	τ_{32}	τ_{33}	τ_{34}	τ_{35}
S_4	τ_{41}	τ_{42}	τ_{43}	τ_{44}	τ_{45}
S_5	τ_{51}	τ_{52}	τ_{53}	τ_{54}	τ_{55}

$$T = (\tau_{ij})$$

τ_{ij} est le nombre de circuits satellite à assurer sur la trame AMRT de la station S_i vers la station S_j.

La transmission a lieu sur la trame AMRT par intervalle de temps réguliers, de l'ordre de quelques µS, suivant un emploi du temps défini par l'algorithme de gestion de trame à partir de la matrice de trafic.

Lorsque la matrice de trafic est stationnaire, l'emploi du temps ne varie pas, si la matrice fluctue, l'algorithme de gestion de trame adapte l'emploi du temps en conséquence.

II.6. LES EMPLOIS DU TEMPS POUR UNE TRAME AMRT

A présent, nous allons décrire plus en détail les problèmes d'ordonnancement spécifiquement posés par la gestion d'une trame AMRT de satellite.

Il n'y a pas lieu de considérer ici de contraintes de type potentiel, les seules contraintes que l'on peut rencontrer sont de type disjonctif (ou d'exclusion).

La "réalisation" à conduire est d'assigner à chacun des éléments de la matrice de trafic T un répéteur du satellite et une place sur la trame AMRT sans qu'il y ait de conflit avec des éléments déjà en place.

Une "tâche" est la transmission de tout ou partie d'un paquet de trafic qui sont les éléments de la matrice T. On dira que deux tâches sont "en conflit" (respectivement sans conflit) s'ils appartiennent (respectivement n'appartiennent pas) à la même ligne ou colonne de la matrice de trafic T.

Les "ressources" dont on dispose pour effectuer ces tâches sont le ou les répéteurs du satellite, ils ont tous la même capacité de traitement et la même cadence de travail.

Le seul critère d'évaluation à retenir pour juger de la qualité d'un ordonnancement est la durée totale de l'emploi du temps obtenu sur la trame AMRT qui doit être aussi courte que possible.

II.6.1. Ordonnancement de tâches sans contrainte

Le problème d'ordonnancement de tâches sans contrainte se rencontre par exemple lorsque dans la matrice T tous les éléments sont nuls sauf un par ligne et par colonne. Il s'agit de ce que l'on appelle une "matrice de mode" et nous verrons plus tard comment se fait la décomposition d'une matrice de trafic générale T en une somme de matrices de mode. On voit que pour les éléments d'une telle matrice il ne peut pas y avoir de contrainte d'exclusion. A partir de cette matrice de mode, on établit une liste de ses éléments (tâches) en parcourant systématiquement la matrice ligne par ligne.

Les ressources pour traiter ces tâches sont un nombre n fixé à l'avance, de machines toutes identiques.

Nous décrivons ci-après cinq méthodes heuristiques qui, à partir de la liste des tâches donne un ordonnancement sur les m machines tel que l'achèvement de l'ensemble des tâches intervienne le plut tôt possible.

Ce problème est comparable à la recherche d'un empilement de plusieurs boîtes - ayant toutes la même largeur, la même longueur mais de hauteurs différentes - en m piles, si l'on veut que la plus haute des piles de boîtes soit la moins haute possible.

Exemple d'établissement d'une liste de tâches à partir d'une matrice de mode

M =

		7		
5				
			9	
				3
	4			

Les valeurs indiquées donnent la durée de réalisation de chaque tâche

Liste des tâches

$\{(T_1, 7) ; (T_2, 5) ; (T_3, 9) ; (T_4, 3) ; (T_5, 4)\}$

Exemples illustrant les différentes méthodes heuristiques

Soit une famille de neuf tâches sans contrainte entre elles ; on note T ; la tâche i et τ_i sa durée. On suppose ici que le nombre de machines disponibles est m = 4

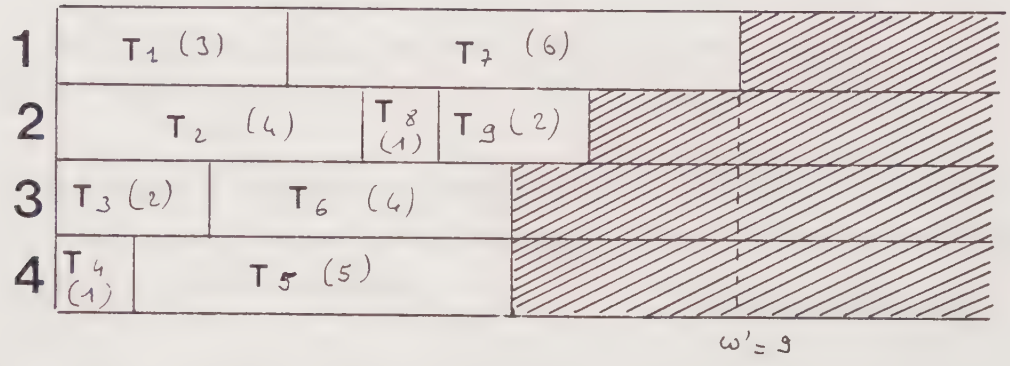
$\{(T_i, \tau_i)\} = \{(T_1, 3) ; (T_2, 4) ; (T_3, 2) ; (T_4, 1) ;$

$(T_5, 5) ; (T_6, 4) ; (T_7, 6) ; (T_8, 1) ; (T_9, 2)\}$

Calcul de la limite de fin théorique ω

$$\omega = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{q} \tau_i = \frac{1}{4} (3 + 4 + 2 + 1 + 5 + 4 + 6 + 1 + 2) = 7$$

1 - FF (First Fit)



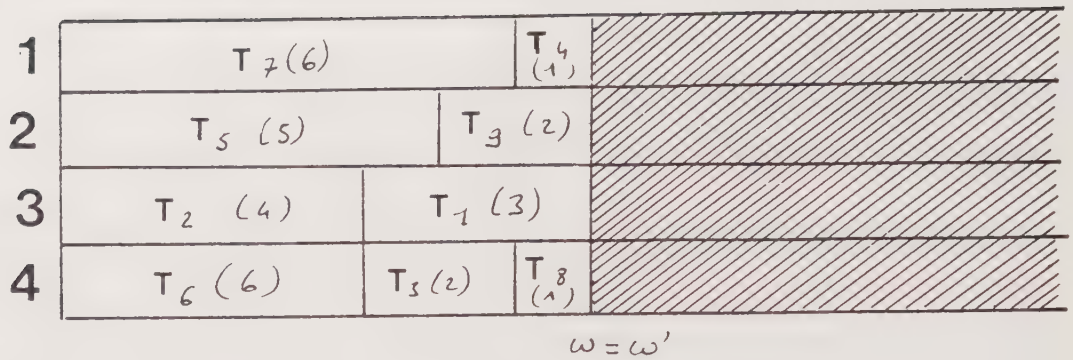
$$\frac{\omega}{\omega'} = \frac{7}{9} = 0,778$$

2 - FFD (First Fit Decreassing)

On trie la liste des tâches qui devient

$\{(T_i, \tau_i)\} = \{(T_7, 6) ; (T_5, 5) ; (T_2, 4) ; (T_6, 4) ;$

$(T_1, 3) ; (T_3, 2) ; (T_9, 2) ; (T_4, 1) ; (T_8, 1)\}$



$$\omega = \omega' = 7$$

$$\frac{\omega}{\omega'} = \frac{7}{7} = 1$$

1 - FF (First Fit)

Le principe de cette méthode heuristique est de considérer successivement les tâches dans l'ordre de la liste. A chaque étape, on convient d'assigner la tâche au répéteur qui a terminé le plus tôt.

2 - FFD (First Fit Decreasing)

La méthode est strictement la même que la précédente mais la liste des tâches est préalablement triée suivant l'ordre décroissant de la durée des tâches.

3 - BF (Best Fit)

Soit N tâches, τ_i est la durée de la tâche T_i et m est le nombre des répéteurs disponibles pour effectuer ces tâches. On considère : $\omega = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{N} \tau_i$ appelé "limite de

fin théorique". C'est un minorant pour la durée d'achèvement de l'ensemble des N tâches par les m répéteurs qui est facile à calculer. Cette limite n'est effectivement atteinte que pour quelques cas particuliers.

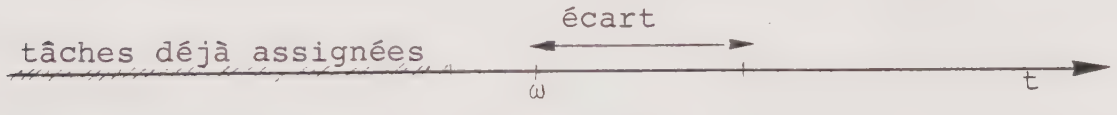
Les tâches sont considérées successivement dans l'ordre de la liste. Dans un premier temps, l'assignation des tâches aux répéteurs se fait en respectant les deux conditions suivantes considérées dans l'ordre A, B.

A - Il ne faut pas assigner une tâche à un répéteur si cette tâche dépasse ω

B - Si plusieurs répéteurs conviennent, assigner la tâche à celui pour lequel l'écart depuis la fin de cette tâche jusqu'à ω est minimum.

Il est possible que toutes les tâches de la liste ne puissent pas être assignées en appliquant successivement les deux conditions précédentes. Dans ce cas remplacer les conditions A et B par la condition C.

C - Assigner la tâche au répéteur pour lequel l'écart de ω jusqu'à la fin de la tâche est minimum.



nouvelle tâche

4 - BFD (Best Fit Decreasing)

La règle est la même que celle exposée dans BF mais la liste des tâches est préalablement triée suivant l'ordre décroissant de la durée des tâches.

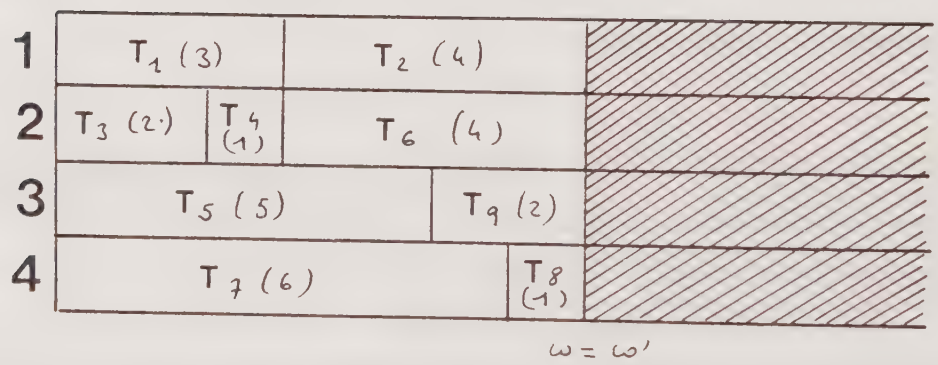
Pour plus de détail concernant ces méthodes, on pourra consulter |9|, les méthodes 3 et 4 ont été remaniées.

3 - BF (Best Fit)

La liste des tâches et de leur durée est :

$\{(T_i, \tau_i)\} = \{(T_1, 3) ; (T_2, 4) ; (T_3, 2) ; (T_4, 1) ;$

$(T_5, 5) ; (T_6, 4) ; (T_7, 6) ; (T_8, 1) ; (T_9, 2)\}$



$\omega = \omega'$

$\omega' = 7$

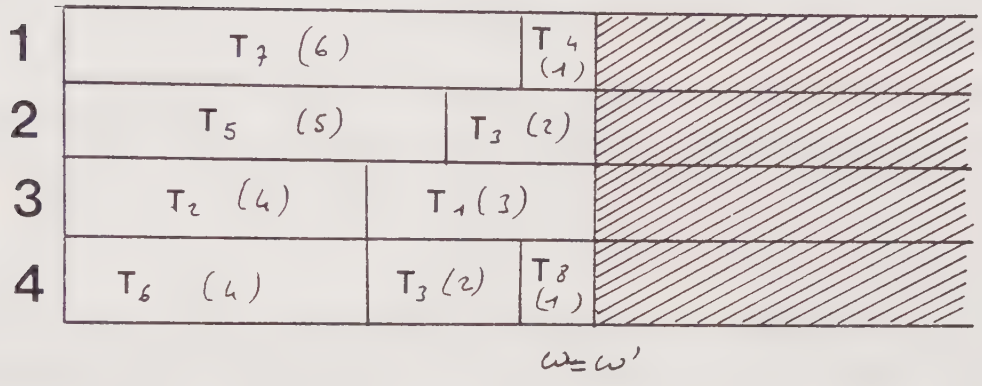
$\frac{\omega}{\omega'} = \frac{7}{7} = 1$

4 - BFD (Best Fit Decreasing)

La liste des tâches est triée

$\{(T_i, \tau_i)\} = \{(T_7, 6) ; (T_5, 5) ; (T_2, 4) ; (T_6, 4) ;$

$(T_1, 3) ; (T_3, 2) ; (T_9, 2) ; (T_4, 1) ; (T_8, 1)\}$



$\frac{\omega}{\omega'} = \frac{7}{7} = 1$

Mesure et limite des performances sur les méthodes heuristiques

L'évaluation des performances des différentes méthodes heuristiques peut se faire d'une manière comparative à partir du traitement d'une même série d'exemples par différentes heuristiques. Pour chaque traitement d'un exemple on retiendra seulement l'instant d'achèvement de l'ensemble des tâches ou la durée de l'emploi du temps, on peut encore procéder en définissant une notion de "rendement de remplissage" ou "rendement d'affectation". Il faut

dans ce cas disposer de la valeur de référence qu'est la limite inférieure de la durée de l'emploi du temps. Notez que cette limite est différente de la "limite de fin théorique" précédemment utilisée ; en fait, cette dernière est un minorant facile à calculer alors que généralement la limite véritable de fin est inaccessible. Elle ne peut être calculée que pour quelques cas particulièrement simples.

Les études menées sur la complexité cf. |9| montrent que dans ce domaine, la plupart des progrès proviennent de résultats sur l'étude des heuristiques car les problèmes sont souvent NP-complets (1). Pour les problèmes ne comportant qu'un nombre réduit de tâches, il est possible de procéder par énumération de toutes les solutions et bien entendu de choisir la meilleure suivant les critères que l'on s'est fixés.

---

(1) Les problèmes NP-complets cf. |10| p. 374.
Nous en ferons ici une présentation assez rapide.
On appelle algorithme non déterministe un algorithme qui, en plus des instructions usuelles, comporte des instructions de choix. On peut considérer l'exécution d'une telle instruction comme un dédoublement du programme en deux sous-programmes concurrents (parallélisme).
La classe des problèmes pouvant être résolus en un temps polynomial par un algorithme non déterministe est appelée la classe NP (ne pas confondre NP avec "non polynomial" puisque cette classe comporte des algorithmes polynomiaux comme le flot maximum, l'affectation minimale, etc.). Autrement dit, si pour chaque instruction de choix, le "bon" choix est effectué, le temps de calcul est polynomial. Par contre, si on énumère tous les choix possibles, l'algorithme non déterministe se transforme en un algorithme déterministe nécessitant un temps de calcul exponentiel.
La question est de savoir si ces problèmes de NP sont ou non polynomiaux (existence d'un algorithme déterministe polynomial). La décidabilité de cette conjecture est théoriquement importante ; le fait qu'il y ait peu (ou pas) de chance qu'il en soit ainsi donne tout leur intérêt aux algorithmes énumératifs et aux algorithmes approchés.
La relation de faible équivalence permet d'étudier des problèmes d'existence.
On peut étendre cette relation d'équivalence aux problèmes d'optimisation en reformulant un problème de minimisation (resp. maximisation) en un problème d'existence

.../

Bornes inférieures sur les performances des heuristiques
cf. |9| p. 31.

Il est intéressant de connaître les bornes inférieures pour les rendements (ω/ω') obtenus à l'aide des différentes méthodes heuristiques présentées. Hâtons-nous d'ajouter que ces valeurs ne sont effectivement atteintes que très rarement et qu'en particulier lorsque le nombre des tâches est suffisamment élevé par rapport au nombre des répéteurs disponibles, la probabilité d'obtenir un tel mauvais rendement tend rapidement vers 0.

Heuristiques	Bornes
FF	$\frac{\omega'}{\omega} < 2 - \frac{1}{m}$
BF	$\frac{\omega'}{\omega} < \frac{4}{3} - \frac{1}{3m}$
FFD	$\frac{\omega'}{\omega} < 1 + \frac{1 - \frac{1}{m}}{1 + (\frac{k}{m})}$
BFD	$\frac{\omega'}{\omega} < 1 + (n - 1)\frac{\max(\tau_i)}{\sum_{i=1}^{n} \tau_i}$

(suite note 1 page précédente)

d'une solution réalisable ayant une valeur au plus (resp. au moins) égale à un seuil donné. Cette extension est théoriquement importante. Mais d'un point de vue algorithmique elle est peu utilisable et la relation de forte équivalence s'avère pratiquement plus intéressante. Un problème P est dit NP-dur si tout problème Q de NP lui est faiblement réductible.
Un problème est dit NP-complet s'il est NP-dur et NP. Les problèmes NP-complets sont donc les problèmes difficiles de NP. Ils sont faiblement équivalents entre eux. De plus, si on savait résoudre un quelconque de ces problèmes en un temps polynomial, alors on saurait résoudre tous les problèmes NP en un temps polynomial. Les problèmes difficiles (ceux que nous avons appelé "non polynomiaux") sont NP-complets.

ω : durée minimum de l'emploi du temps.

ω' : durée réelle dans le plus mauvais cas obtenu par l'heuristique.

m : est le nombre de machines utilisées.

k : nombre de tâches parmi les plus grandes produisant un emploi du temps optimal (toutes les machines ont terminé en même temps sans temps mort).

Le meilleur résultat est obtenu pour $k = 0 \pmod{m}$ ce qui veut dire que l'on prend l'entier immédiatement supérieur.

II.6.2. Ordonnancement pour des tâches ne pouvant avoir entre elles que des contraintes de type disjonctif cf |16, 17, 18|

C'est le problème à résoudre si l'on considère directement l'ordonnancement des éléments d'une matrice de trafic T quelconque sur une trame AMRT de satellite.

Les éléments qui appartiennent (respectivement n'appartiennent pas) à la même ligne ou colonne de la matrice T sont en conflit (respectivement sans conflit).

Dans la deuxième partie, avec le système à satellite de ECS (European Communication Satellite), nous verrons en réalité comment un tel problème se pose.

Le traitement des problèmes d'ordonnancement pour des tâches ayant seulement entre elles des contraintes de disjonction se présente chaque fois que plusieurs tâches nécessaires à une même réalisation doivent se partager un même moyen matériel. Leur exécution devra être non simultanée.

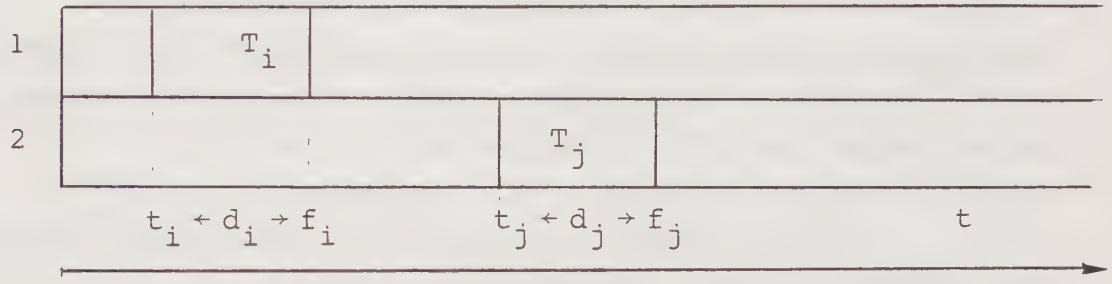
On dira que T_i et T_j sont "en disjonction" ou pour utiliser le language des graphes, "forment une paire de disjonctions" :

notée :

cf. |10|

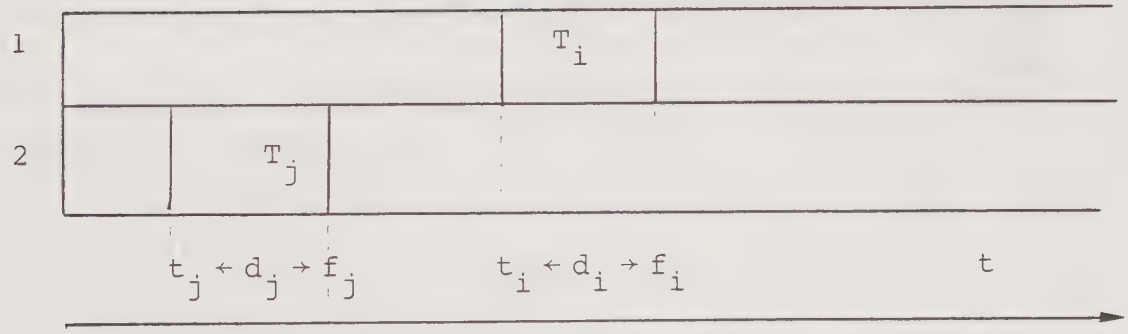
. Ce qui correspond pour l'ordonnancement à l'un des deux diagrammes temporels suivants :

A -



$$t_j - t_i \geqslant d_i \text{ ou } t_j - f_i \geqslant 0$$

B -



$$t_i - t_j \geqslant d_j \text{ ou } t_i - f_j \geqslant 0$$

Un problème d'ordonnancement avec disjonction d'intervalles se formule généralement comme suit :

Soit à réaliser dans les meilleures conditions (voir contraintes) des tâches en nombre fini, repérées par un indice i, dont on se donne la durée d_i et dont on désignera par t_i et f_i les instants de début et d'achèvement : $f_i = t_i + d_i$.

On supposera que l'ordonnancement des tâches est complètement défini par la donnée des t_i et réalisable si et seulement si toutes les inégalités suivantes sont vérifiées

$$t_j - f_i \geq a_{ij} \qquad (i,j) \in IK$$

Les a_{ij} sont des nombres de signe quelconque et IK représente l'ensemble des numéros de tâches à propos desquels une telle limitation d'intervalles est à considérée.

Dans la suite nous n'aurons plus à considérer que des disjonctions d'intervalles de la forme

$$[t_i, f_i] \cap [t_j, f_i] = \emptyset$$

Pour ce problème combinatoire difficile, nous présentons ci-après une méthode heuristique originale efficace utilisable pour un nombre pratiquement illimité de tâches mais dont l'extension à plus de deux machines reste délicate.

II.6.3. Une méthode dynamique d'ordonnancement par regret (l'algorithme RD)

Soit une réalisation nécessitant d'effectuer N tâches à l'aide de deux machines identiques. Chaque tâche T_i a une durée propre τ_i qui dépend du travail à effectuer. On suppose ici que les éventuelles contraintes entre les tâches ne sont que de type disjonctif, c'est-à-dire que certaines tâches ne pourront pas être effectuées simultanément avec d'autres ; c'est le cas par exemple quand plusieurs tâches ont besoin pour être réalisées d'un outil unique. Aucune contrainte de type potentiel ne peut être ici prise en considération.

On cherche un ordonnancement des tâches tel que le temps total d'achèvement de la réalisation (l'ensemble des tâches) soit aussi court que possible.

Le point de départ de la méthode d'ordonnancement est la liste des N tâches $\{(T_i, \tau_i)\}$ avec $i \in [1,N]$, τ_i étant la durée de T_i et la donnée des éventuels conflits entre les tâches. Lorsque tous les τ_i sont identiques, ce problème peut être exprimé sous forme de recherche dans le graphe des conflits d'une coloration minimale (problème qui est NP-complet) (cf. III.2.3.). Le problème où les τ_i sont quelconques est encore plus difficile, donc a fortiori NP-complet. La méthode heuristique (algorithme RD) développée ci-après peut être utilisée pour tous les problèmes pouvant se formuler de la même manière. Elle est valable pour un nombre illimité de tâches et deux machines, sa généralisation à un nombre plus grand de tâches est très délicate.

L'idée de base de la méthode est de donner à chaque assignation de tâche sur une machine, la priorité aux tâches les plus difficiles à associer avec d'autres sans conflit pour former un couple.

L'exposé de l'algorithme sera suivi d'un exemple détaillé portant sur l'ordonnancement de 12 tâches sur deux machines.

Algorithme RD

Etapes

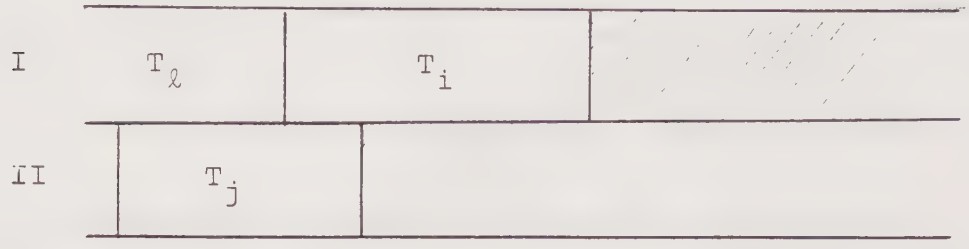
1 - Etablir la liste de tous les couples de tâches compatibles ; c'est-à-dire qui ne sont pas en conflit entre elles.
Faire correspondre à chaque couple sa "multiplicité" (notée M), c'est le nombre de couples de la liste composée de l'une ou de l'autre des tâches du couple.

2 - Choisir dans la liste le couple (T_i, T_j) de multiplicité la plus petite. Entre plusieurs couples ayant la même multiplicité, on choisira celui pour lequel $Max(\tau_i, \tau_j)$ est le plus grand.

3 - "Assigner" le couple choisi aux deux machines, c'est-à-dire affecter le plus tôt possible une tâche à une machine en ne créant pas de conflit.

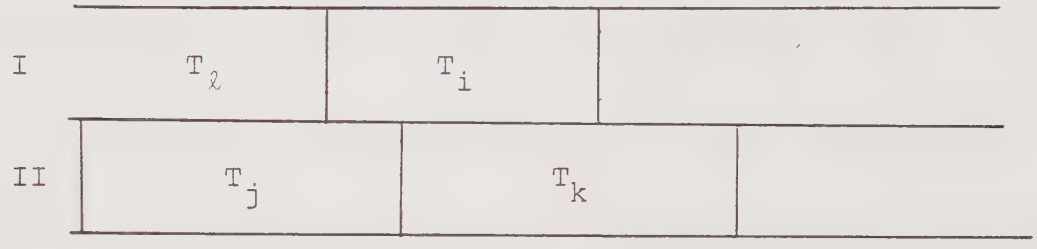
a) Au départ, les deux machines étant vides, on place indifféremment une tâche sur une machine ou l'autre. La même situation peut se présenter ultérieurement, lorsque les deux machines ont achevé les tâches précédentes en même temps.

b) Dans le cas où les deux machines I et II n'ont pas achevé les deux dernières tâches (T_i, T_j) en même temps. Supposons que T_i soit effectué par la machine I et T_j par la machine II et que ce soit T_i qui se soit achevée en dernier, deux situations peuvent se présenter

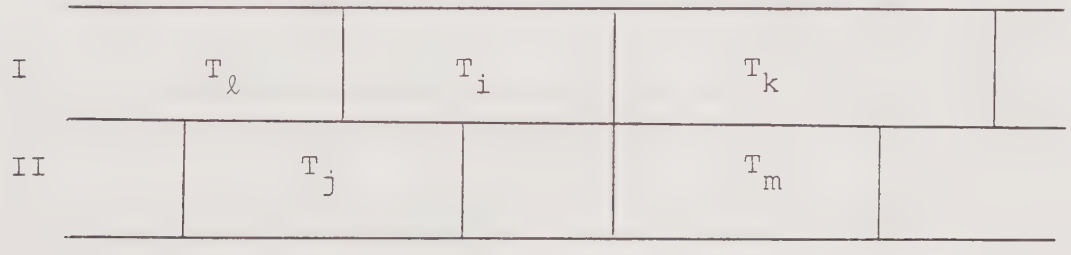


Plan de charge des machines I et II

- Le couple de tâches suivant choisi contient T_i, il est donc de la forme (T_i, T_k) ; on assigne alors dès que possible T_k sur la machine II



- Le couple de tâches suivant ne contient pas T_i, il est de la forme (T_k, T_m) avec ($k \neq i$ et $m \neq i$) ; on assigne T_k et T_m indifféremment aux machines I et II mais après la fin de T_i



4 - Si tous les couples de la liste ont été assignés aux machines, aller au n° 9, sinon continuer en séquence.

5 - Si les deux machines n'ont pas terminé en même temps, aller au n° 7, sinon continuer en séquence.

6 - Supprimer de la liste tous les couples comprenant l'une ou l'autre des tâches du couple assigné. Actualiser la liste des multiplicités en les recalculant pour les couples restants, puis aller au n° 2.

7 - Supprimer de la liste tous les couples comprenant la tâche qui s'est achevée en premier - appelée "tâche totalement assignée" -. Actualiser la liste des multiplicités en les recalculant pour les couples restants. Choisir dans cette nouvelle liste le couple comprenant la tâche qui n'est pas totalement assignée et de multiplicité la plus petite. Dans le cas où plusieurs couples ont la même multiplicité choisir celui pour lequel τ_j est le plus grand, T_i étant la tâche totalement assignée.

8 - Si le couple existe, allez au n°3, sinon aller au n°2.

9 - S'il reste des tâches qui n'ont pas pu être groupées en couples car en conflit avec toutes les autres, les assigner après les tâches appartenant à des couples, dans n'importe quel ordre et sur n'importe quelle machine.

10 - Fin de l'ordonnancement des tâches.

Exemple d'ordonnancement

Cet exemple va montrer l'utilisation de la méthode heuristique précédemment décrite sur 12 tâches dont la liste des durées est la suivante :

$\{(T_i,\tau_i)\} = \{(T_1, 5)\ ;\ (T_2, 7)\ ;\ (T_3, 3)\ ;\ (T_4, 8)\ ;\ (T_5, 6)$

$(T_6, 9)\ ;\ (T_7, 3)\ ;\ (T_8, 4)\ ;\ (T_9, 6)\ ;\ (T_{10}, 5)\ ;$

$(T_{11}, 1)\ ;\ (T_{12}, 2)\}$

Connaissant les tâches nous avons pu établir la liste suivante conformément au principe décrit à l'étape 1. M est la multiplicité du couple de tâche (T_i, T_j)

$\{(T_i, T_j, M)\} = \{(T_2,T_1, 7)\ ;\ (T_3,T_2, 7)\ ;\ (T_4,T_1, 6)\ ;$

$(T_5,T_4, 6)\ ;\ (T_6,T_1, 7)\ ;\ (T_6,T_2, 9)\ ;\ (T_6,T_3, 7)\ ;$

$(T_6,T_4, 8)\ ;\ (T_6,T_5, 7)\ ;\ (T_7,T_4, 5)\ ;\ (T_7,T_5, 4)\ ;$

$(T_9,T_2, 8)\ ;\ (T_9,T_3, 6)\ ;\ (T_9,T_8, 5)\ ;\ (T_{10},T_2, 7)\ ;$

$(T_{10},T_8, 4)\ ;\ (T_{10},T_9, 6)\}$

Voir table des non-conflits.

n° 2 - On retient de la liste précédente le couple (T_7,T_5) car il a la multiplicité la plus petite (4) et $\text{Max}(\tau_7,\tau_5) = 6$ alors que $\text{Max}(\tau_{10},\tau_8) = 5$.

n° 3 - On assigne T_7 à la machine I et T_5 à la machine II.

n° 7 - Seul les couples (T_7,T_5) et (T_7,T_4) disparaissent de la liste que l'on actualise, elle devient :

$\{(T_i, T_j, M)\} = \{(T_2,T_1, 7)$; $(T_3,T_2, 7)$; $(T_4,T_1, 5)$;

$(T_5,T_4, 4)$; $(T_6,T_1, 7)$; $(T_6,T_2, 9)$; $(T_6,T_3, 7)$;

$(T_6,T_4, 7)$; $(T_6,T_5, 6)$; $(T_9,T_2, 8)$; $(T_9,T_3, 6)$;

$(T_9,T_8, 5)$; $(T_{10},T_2, 7)$; $(T_{10},T_8, 4)$; $(T_{10},T_9, 6)\}$

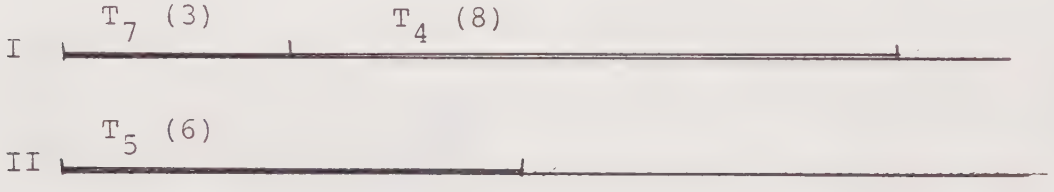
Le couple suivant choisi est (T_5,T_4).

Table des non-conflits entre les tâches

	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	T_9	T_{10}	T_{11}	T_{12}
T_1	-	7	-	6	-	7	-	-	-	-	-	-
T_2	7	-	7	-	-	9	-	-	8	7	-	-
T_3	-	7	-	-	-	7	-	-	6	-	-	-
T_4	6	-	-	-	6	8	5	-	-	-	-	-
T_5	-	-	-	6	-	7	4	-	-	-	-	-
T_6	7	9	7	8	7	-	-	-	-	-	-	-
T_7	-	-	-	5	4	-	-	-	-	-	-	-
T_8	-	-	-	-	-	-	-	-	5	4	-	-
T_9	-	8	6	-	-	-	-	5	-	6	-	-
T_{10}	-	7	-	-	-	-	4	-	6	-	-	-
T_{11}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T_{12}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cette table porte verticalement et horizontalement la liste des tâches (T_1, T_2,...,T_{12}). A l'intersection d'une ligne correspondant à la tâche T_i, et d'une colonne correspondant à la tâche T_j, on trouve le signe "-" lorsque le couple de tâche (T_i, T_j) est en conflit. Lorsqu'il n'y a pas de conflit entre T_i et T_j on y trouve la multiplicité du couple (T_i, T_j).

Etat provisoire du plan de charge des machines (≠ 3)



n° 7 - On supprime de la liste les couples (T_4,T_5) et (T_5,T_6) et on actualise la liste des multiplicités

$\{(T_i, T_j, M)\} = \{(T_2,T_1, 7)$; $(T_3,T_2, 7)$; $(T_4,T_1, 4)$;

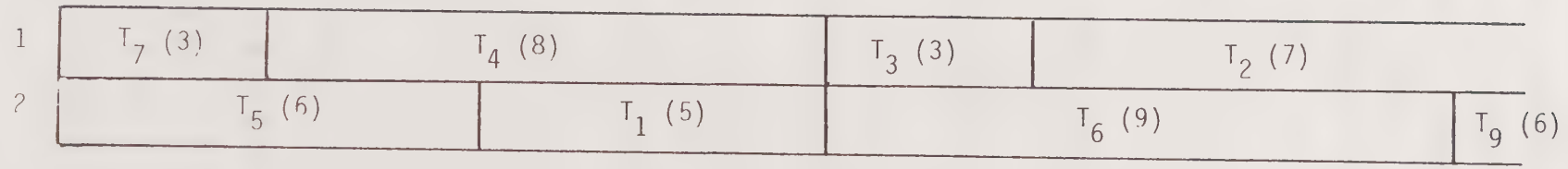
$(T_6,T_1, 6)$; $(T_6,T_2, 8)$; $(T_6,T_3, 6)$; $(T_6,T_4, 5)$;

$(T_9,T_2, 8)$; $(T_9,T_3, 12)$; $(T_9,T_8, 5)$; $(T_{10},T_2, 7)$;

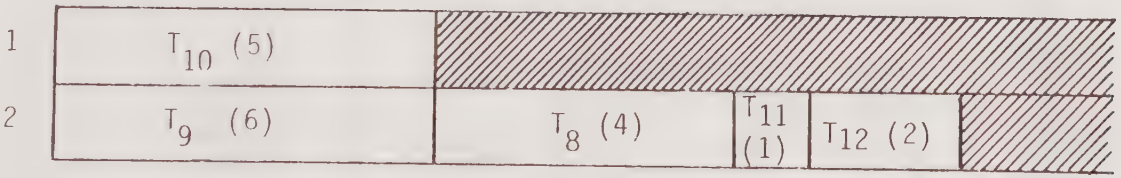
$(T_{10},T_8, 4)$; $(T_{10},T_9, 6)\}$

On choisit le couple (T_4,T_1), etc.

L'ordonnancement définitif obtenu à l'aide de cette méthode est le suivant :



Suite



EMPLOI DU TEMPS FINAL POUR 1 ET 2

L'algorithme RD est relativement simple à mettre en oeuvre et il donne rapidement de "bons" ordonnancements des tâches sur les machines.

En fait ce type de problème avec uniquement des contraintes disjonctives entre les tâches évolue entre deux limites extrêmes.

D'une part, pas ou presque pas de contraintes entre les tâches ; on utilise alors les heuristiques précédemment développées FF, FFD, BF et BFD qui donnent rapidement les meilleurs ordonnancements.

D'autre part, un jeu de contraintes disjonctives entre les tâches tellement étroit que seul un nombre très restreint d'ordonnancement, voir un seul, est possible.

Dans le premier cas, l'algorithme RD se comporte comme l'algorithme FFD ; dans l'autre cas, l'algorithme RD permet de trouver à coup sûr le bon ordonnancement quand il n'en existe qu'un seul ou l'un des meilleurs lorsque plusieurs sont possibles.

La plupart des problèmes réellement rencontrés se situent entre ces deux extrêmes, et sans avoir procédé à une programmation de la méthode ni une expérimentation systématique sur un grand nombre d'exemples, nous pouvons néanmoins affirmer pour avoir traité à la main de nombreux cas en utilisant cet algorithme que l'on obtient à chaque fois de très bons résultats pour les ordonnancements.

L'évaluation chiffrée des performances reste liée au jeu de tâches et de contraintes choisies au départ et est donc essentiellement subjective.

Pour un tel problème évidemment NP-complet, ni l'intuition ni une énumération ne peut nous guider et la démarche heuristique trouve ici tout son intérêt.

CHAPITRE III - Gestion d'une trame AMRT : vue d'ensemble des principaux algorithmes et étude comparative

III.1. CLASSIFICATION ET ENONCE DES PROBLEMES TYPES

III.2. LES PROBLEMES "EN NOMBRES ENTIERS"

III.2.1. Introduction
III.2.2. But et contraintes du problème d'affectation
III.2.3. Le problème est NP-complet
III.2.4. Mesure des performances
III.2.5. Trois méthodes heuristiques
III.2.6. Comparaison des performances

III.3. TASSEMENT ET INSERTION

III.4. LES PROBLEMES "QUASI-CONTINUS"

III.4.1. Algorithme glouton
III.4.2. Algorithme de INUKAI
III.4.3. Utilisation des carrés magiques

III.5. CONCLUSION

CHAPITRE III - Gestion d'une trame AMRT : vue d'ensemble des principaux algorithmes et étude comparative

III.1. CLASSIFICATION ET ENONCE DES PROBLEMES TYPES

Soit une matrice de trafic T de rang N, avec $T = (\tau_{ij})$ et $\tau_{ij} \in \mathbf{N}$. Un τ_{ij} représente un paquet de trafic à transmettre, c'est-à-dire un nombre de circuits satellite à établir de la station S_i vers la station S_j.

L'ordonnancement des τ_{ij} sur la trame AMRT doit réaliser certains critères. Ici, on cherchera toujours à optimiser la transmission, c'est-à-dire à trouver un ordonnancement sur la trame AMRT de longueur totale aussi petite que possible.

On distingue à ce stade deux grandes classes de problèmes.

A. Les problèmes en nombre entier

Les $\tau_{ij} \in \mathbf{N}$ sont considérés comme insécables et doivent être placés sur la trame d'un seul bloc.

B. Les problèmes quasi-continus

Les $\tau_{ij} \in \mathbf{N}$ pour les besoins de l'ordonnancement peuvent être fractionnés en plusieurs paquets comptant un nombre entier de circuits satellite et placés sur la trame sous cette forme.

III.2. LES PROBLEMES EN NOMBRES ENTIERS

III.2.1. Introduction

Pour les problèmes appartenant à la classe A avec paquets de trafic insécables, nous allons tout d'abord exprimer les contraintes et les critères d'optimisation de manière rigoureuse puis nous verrons comment peuvent être obtenus des emplois du temps complets optimaux.

III.2.2. But et contraintes du problème d'affectation

Soit une matrice de trafic T de rang N avec $T = (\tau_{ij})$ et $\tau_{ij} \in \mathbf{N}$, le problème est de décomposer T en M matrices d'indice ℓ (appelées matrices de mode) et de minimiser la somme suivante (1).

(1)

$$\sum_{\ell=1}^{M} \operatorname*{Max}_{(i,j)\ [\underline{1},N]^2} \{\delta_{ij}^{\ell} \cdot \tau_{ij}\} \quad \text{avec } N < M < N^2$$

Avec

(2)

$\delta_{ij} = 0$ ou 1 C'est la variable de choix d'un élément on le prend ou on le laisse dans T.

(3)

$$\sum_{\ell=1}^{M} \delta_{ij}^{\ell} = 1$$

Cette condition est à appliquer pour s'assurer que tous les éléments de T sont bien pris dans une matrice de mode et une seule fois en tout.

(4)

$$\sum_{(i,j) \in [1,N]} \delta_{ij}^{\ell} = N$$

Cette condition est utile pour assurer dans certains cas la cardinalité N de chaque sous-ensemble obtenu par partition de T.

(5)

$$\delta_{ij}^{\ell} \cdot \delta_{ik}^{\ell} = 0 \text{ pour } j \neq k$$

Deux éléments choisis pour appartenir à une même matrice de mode ne peuvent pas appartenir à la même ligne.

(6)

$$\delta_{ji}^{\ell} \cdot \delta_{ki}^{\ell} = 0 \text{ pour } j \neq k$$

Même condition mais concernant les colonnes.

Ces contraintes permettent d'éviter tout conflit entre trafics dans une matrice de mode.

Nous considérons le problème d'emploi du temps comme la détermination à partir de la matrice T d'une suite d'opérations possédant les propriétés spécifiques ci-dessus décrites.

La construction d'un emploi du temps complet pour une matrice T de rang N se fait en déterminant une partition de T en matrices de modes, c'est-à-dire en M sous-ensembles vérifiant les contraintes précédemment énumérées. Lorsque l'on veut décomposer T en exactement N matrices de mode, il faut à chaque étape de la décomposition assurer au sous-ensemble la cardinalité N ceci est obtenu par l'application de la condition (4).

Nous allons à présent décrire plus en détail les deux modes de représentation qui peuvent être utilisés pour la décomposition de T.

A. Les matrices de mode

Ce sont des matrices de même rang que la matrice de trafic T. A chaque étape de la partition de T, les t_{ij} (éléments de T) choisis forment un sous-ensemble. Les éléments de ce sous-ensemble sont mis dans la matrice de mode à la même place que dans T ; les autres éléments de la matrice de mode étant à 0.

Exemple : La matrice de trafic est T et les éléments de T choisis à cette étape sont entourés et la matrice de mode correspondante est M

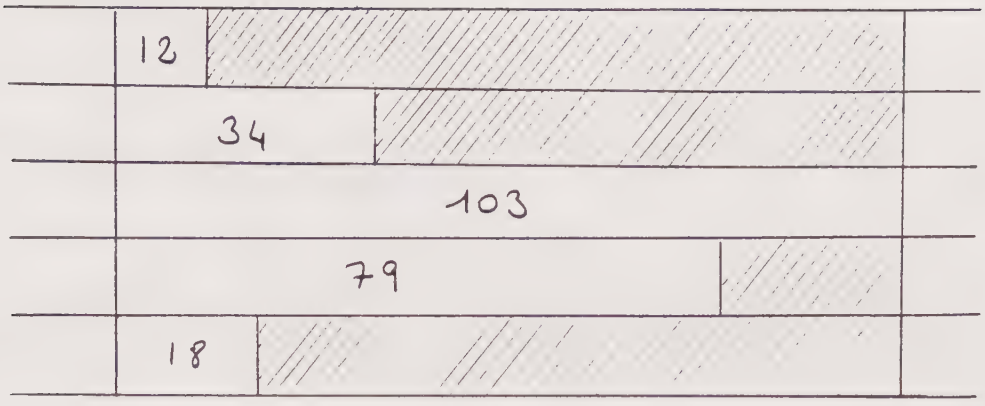
T =

27	12	8	7	26
75	19	52	7	34
103	61	1	21	16
23	4	79	3	8
96	77	9	18	85

M =

0	12	0	0	0
0	0	0	0	34
103	0	0	0	0
0	0	79	0	0
0	0	0	18	0

Les matrices de mode permettent de construire facilement l'emploi du temps obtenu, en effet chacune représente une tranche de l'emploi du temps complet. Pour l'exemple précédent la tranche représentée par M est la suivante :



Les espaces grisés sont inoccupés.

Exemple d'utilisation des matrices de mode

La matrice de trafic T est ici de rang 4 ; elle est remplie d'entiers choisis arbitrairement. Nous allons montrer comment l'on peut représenter une partition quelconque de la matrice T avec le formalisme des matrices de mode. Présentement, le lecteur n'aura pas à se soucier des raisons qui ont fait choisir cette partition plutôt qu'une autre. Elle est faite en 4 sous-ensembles, mais la représentation par les matrices de mode aurait facilement pu s'appliquer pour une décomposition en un plus grand nombre de sous-ensembles.

Remarquons que le nombre des sous-ensembles reste toujours compris entre N et N^2 pour une matrice T de rang N

T =

10	8	3	15	36
14	2	7	9	32
5	12	16	1	34
4	13	11	6	34
33	35	37	31	

A droite de la matrice, on trouve la somme des éléments des lignes et en dessous la somme des éléments des colonnes

La somme maximum est obtenue pour la troisième colonne, elle est appelée "colonne critique".

Les sous-ensembles constituant la partition de T sont dans l'ordre de la décomposition (A_1, A_2, A_3 et A_4).

Rappelons ici les contraintes :

- 1 élément au plus par ligne et par colonne
- tous les éléments doivent figurer une fois et une seule.

$A_1 = \{\tau_{14}, \tau_{21}, \tau_{33}, \tau_{42}\}$

$A_2 = \{\tau_{11}, \tau_{24}, \tau_{32}, \tau_{43}\}$

$A_3 = \{\tau_{12}, \tau_{23}, \tau_{31}, \tau_{44}\}$

$A_4 = \{\tau_{13}, \tau_{22}, \tau_{34}, \tau_{41}\}$

Le sous-ensemble A_i correspond à la matrice de mode M_i

$M_1 =$

			15
14			
		16	
	13		

$M_2 =$

10			
			9
	12		
		11	

$M_3 =$

	8		
		7	
5			
			6

M_4

		3	
	2		
			1
4			

B. La matrice de permutation

C'est une description similaire de la partition de la matrice de trafic T de rang N, mais sous forme d'une seule matrice P de rang N, appelée matrice de permutation.

Dans le cas où la partition de T se fait en exactement N sous-ensembles comptant chacun N éléments, la matrice de permutation P est définie comme étant une matrice dont chaque ligne ou colonne est formée des éléments d'un ensemble générateur comprenant les entiers de 1 à N.

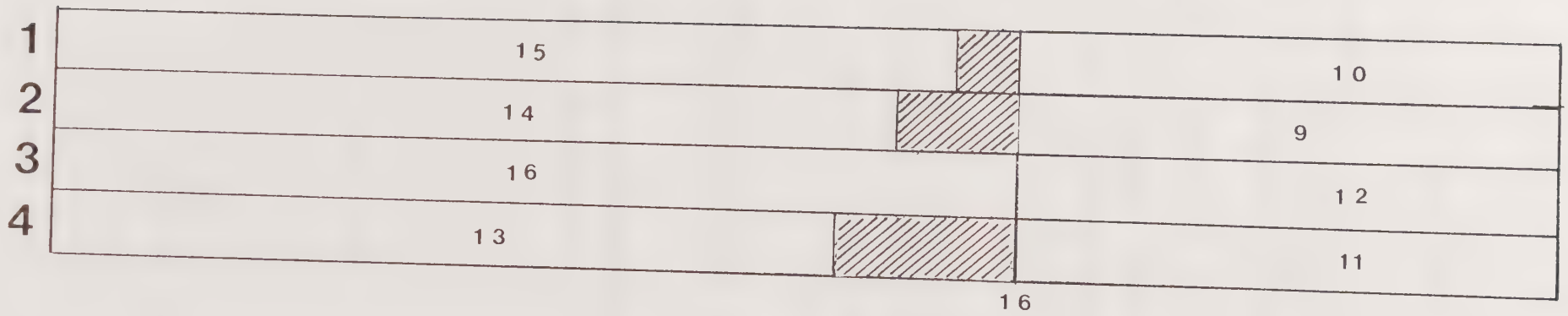
D'une manière pratique, on numérote de 1 à N les sous-ensembles (A_1, A_2,..., A_N) obtenus par partition de T et on marque à leur place dans P les éléments du sous-ensemble par le numéro du sous-ensemble.

La donnée de P décrit sans ambiguïté un emploi du temps complet pour T.

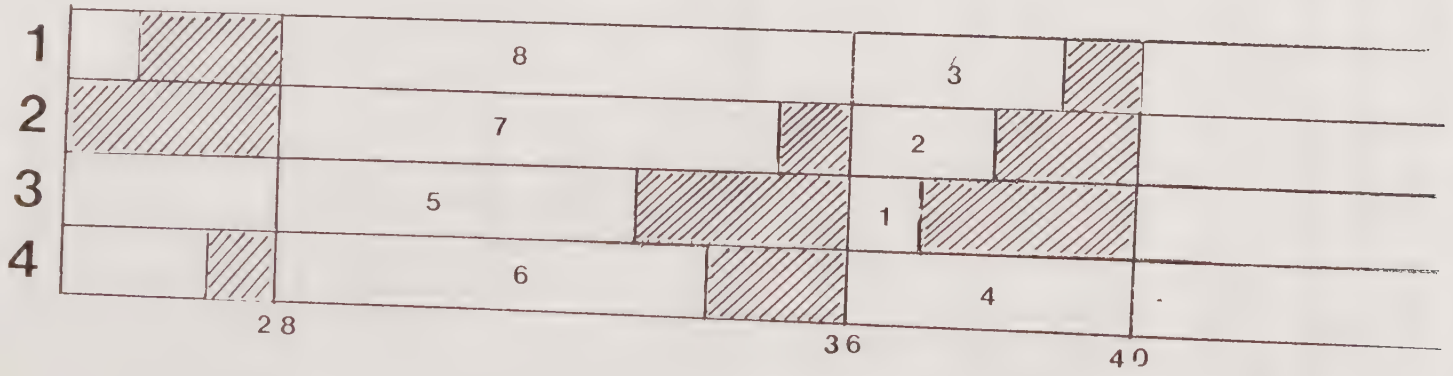
La décomposition ci-dessous s'exprime en remplaçant l'élément de T par le numéro de la matrice de mode dans lequel il apparaît.

P =

2	3	4	1
1	4	3	2
3	2	1	4
4	1	2	3



(suite)



EMPLOI DU TEMPS COMPLET OBTENU PAR LA DECOMPOSITION PRECEDENTE

III.2.3. Le problème est NP-complet

Soit une matrice de trafic T de rang N, dont les éléments $\tau_{ij} \in \mathbf{N}$. Le problème est de trouver un emploi du temps complet pour τ_{ij}, c'est-à-dire une partition de T en un nombre minimum de sous-ensembles tel que la durée de l'emploi du temps correspondant soit minimum.

On peut montrer |12| que ce problème est NP-complet en ramenant le cas particulier où tous les trafics ont la même durée à un problème de coloration de graphe comme pour être NP-complet.

Pour une matrice de trafic T dont tous les éléments non nuls ont la même durée τ, on peut écrire le graphe des conflits entre les éléments non nuls de la manière suivante :

A. Les sommets de ce graphe correspondent aux éléments non nuls de la matrice T.
B. Une arrête existe chaque fois que deux éléments appartiennent à la même ligne ou colonne de T.

Une décomposition de T en un nombre minimum de matrices de mode revient à rechercher une coloration minimale pour les sommets du graphe.

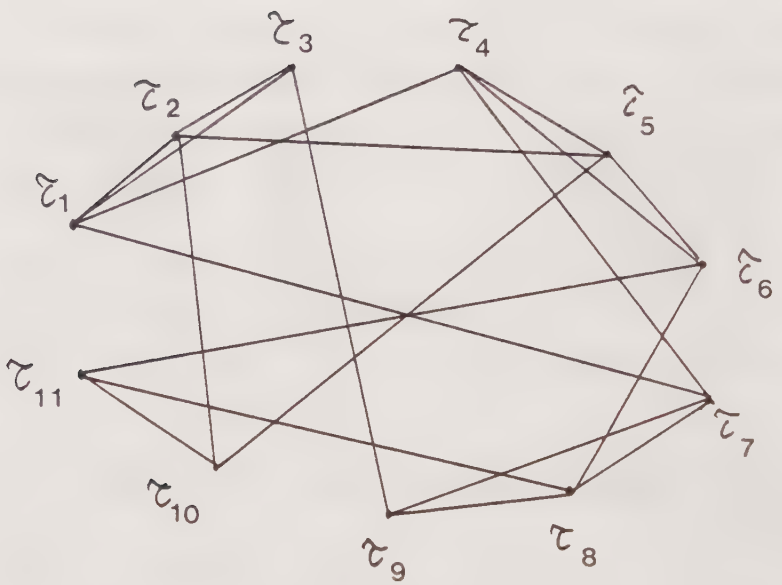
Ce problème est connu pour être NP-complet, pour plus de détails on pourra consulter |10| et |11|.

Exemple : soit la matrice de trafic T de rang 4 suivante :

$T =$

τ_1	τ_2		τ_3
τ_4	τ_5	τ_6	
τ_7		τ_8	τ_9
	τ_{10}	τ_{11}	

avec $\tau_i = \tau, \forall i \in [1,11]$



Graphe des conflits

Pour colorer les sommets de ce graphe avec un nombre minimum de couleurs et sans que deux sommets reliés par une arête aient la même couleur, on ne dispose pas de méthode systématique. Ici, il faut disposer d'au moins 3 couleurs : 1 , 2 et 3 car dans la matrice T, il y a au plus 3 éléments sur une ligne ou sur une colonne.

Dans cet exemple, on a utilisé une méthode heuristique pour colorer le graphe des conflits. Elle permet toujours de colorer tous les sommets d'un graphe, mais ne donne aucune garantie sur le nombre minimum de couleurs.

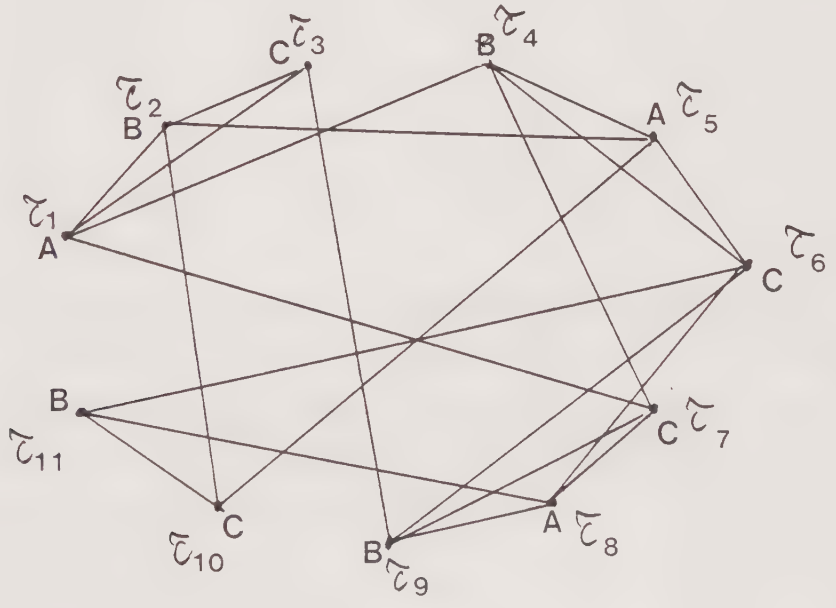
Description de la stratégie utilisée

On attribue la couleur A à τ_1 et on cherche à l'attribuer successivement à $\tau_2, \ldots, \tau_{11}$. Dès que cela est possible, on le fait.

On choisit ensuite le deuxième élément non coloré dans l'ordre des indices, il s'agit ici de τ_2 et on lui attribue la couleur suivante B.

On procède comme on l'a fait pour la couleur A et ainsi de suite jusqu'à la coloration de tous les sommets.

Cette stratégie ne garantit pas l'obtention de la coloration minimale, mais dans notre exemple elle permet néanmoins d'obtenir une coloration minimale avec 3 couleurs seulement.



Coloration minimale du graphe des conflits

Les 3 matrices de modes correspondant à cette coloration sont :

$M_1 =$

τ_1			
	τ_5		
		τ_8	

$M_2 =$

	τ_2		
τ_4			
			τ_9
		τ_{11}	

$M_3 =$

			τ_3
		τ_6	
τ_7			
	τ_{10}		

L'emploi du temps correspondant est :

I	τ_1	τ_2	τ_3	
II	τ_5	τ_4	τ_6	
III	τ_3	τ_9	τ_7	
IV		τ_{11}	τ_{10}	
	tranche 1	tranche 2	tranche 3	

Le lecteur remarquera que souvent, plusieurs colorations minimales distinctes correspondant chacune à une partition différente sont possibles.

III.2.4. Mesure des performances

Pour pouvoir comparer les performances des différents algorithmes proposés, il faut disposer d'une valeur de référence. Nous avons utilisé ici le rendement de remplissage ou rendement d'affectation.

Dans la mesure où trouver la longueur ou la durée minimum possible pour l'emploi du temps à partir de la matrice T, est un problème aussi difficile que de déterminer une partition de T donnant cet emploi du temps optimal (cf. III.2.3.), on se contente d'un minorant pour cette durée minimale qui soit facile à calculer. On calcule la somme des éléments du rang critique de T qui est la ligne ou la colonne ayant la plus grande somme, nous noterons cette valeur ε_m.

Le rendement d'affectation noté R est obtenu en faisant le rapport de la longueur ou durée de l'emploi du temps obtenu noté ε_M à ε_m soit :

$$R = \frac{\varepsilon_m}{\varepsilon_M}$$

Il n'est pas toujours possible que ε_M soit aussi petit que ε_m, notamment lorsqu'il est impossible de trouver une décomposition de la matrice T où à chaque étape, dans la matrice de mode c'est l'élément du rang critique de T qui domine les autres éléments choisis.

L'exemple ci-dessus (cf. p. 67) en est une illustration. La somme des éléments du rang critique est ici $\varepsilon_m = 37$.

Tout d'abord, le lecteur se persuadera que dans le cas de la matrice T envisagée, la décomposition en matrices de mode proposées est optimale, c'est-à-dire qu'elle correspond à l'emploi du temps le plus court qu'il soit possible d'obtenir.

En effet, la matrice de mode M_1 contient les éléments (16, 15, 14, 13), M_2 contient (12, 11, 10, 9), M_3 (8, 7, 6, 5) et M_4 (4, 3, 2, 1) ; aucun changement d'un élément d'une matrice de mode à une autre ne permet d'obtenir une réduction de la durée totale de l'emploi du temps.

Dans la matrice de mode M_1, le plus grand des éléments est 16 (τ_{33}) et il appartient au rang critique de T. C'est τ_{33} qui impose la durée de la première tranche de l'emploi du temps.

Par contre, dans la matrice de mode M_2, l'élément le plus grand est 12 (τ_{32}) et il n'appartient pas au rang critique de T. L'élément appartenant au rang critique de T dans la matrice M_2 est τ_{43} et vaut (11). Cette différence de une unité correspond à une perte équivalente par rapport à ε_m et il est impossible d'y échapper ; en effet, l'élément τ_{32} (12) est à prendre de toute façon dans une des matrices de mode constituant la décomposition de T.

Le même phénomène se reproduit dans la matrice de mode M_3 où l'élément τ_{12} (8) dépasse l'élément τ_{23} (7) appartenant au rang critique de T ce qui entraîne une perte supplémentaire d'une unité par rapport à ε_m.

Enfin, dans la matrice de mode M_4, on perd encore une unité sur la longueur de l'emploi du temps à cause des éléments τ_{13} (3) et τ_{41} (4).

En définitive, la plus petite longueur ou durée pour l'emploi du temps n'est pas $\varepsilon_m = 37$ mais bien $37 + 1 + 1 + 1 = 40$ valeur corrigée par les impossibilités de décomposition.

Le rendement d'affectation obtenu à partir du minorant $\varepsilon_m = 37$ et de la longueur ou durée réelle de l'emploi du temps complet est R

$$R = \frac{37}{40} = 92,5\%$$

alors qu'en fait le rendement est de $\frac{40}{40} = 100\%$.

Nous disposerons donc toujours d'une valeur du rendement qui est un minorant de la valeur réelle ; il ne faut pas lui attacher de valeur absolue mais seulement une valeur comparative.

Parmi les méthodes proposées pour résoudre les problèmes de la classe A (avec trafics insécables), nous allons tout d'abord donner la structure générale de ces algorithmes puis décrire et comparer trois méthodes heuristiques.

III.2.5. Trois méthodes heuristiques

Ces méthodes peuvent générer à partir d'une matrice T de rang N dont aucun des éléments n'est nul, M matrices de mode avec : $N \leq M \leq N^2$.

Le cas où M = N revient à imposer à chaque étape de prendre exactement N éléments distincts de ceux déjà choisis dans T et le cas ou $M = N^2$, un seul élément est pris par matrice de mode. Pour des raisons d'efficacité, on cherchera plutôt des décompositions où M est aussi proche que possible voir égale à N.

Une recherche séquentielle permettant à l'aide d'une heuristique de trouver un emploi du temps complet est généralement structurée comme suit :

Etapes

1 - Définir un critère de sélection pour le choix dans T d'éléments sans conflit.

2 - Initialiser la longueur ou durée de l'emploi du temps : $L \leftarrow 0$

3 - Pour k = 1 jusqu'à M.

3.1. Choisir des éléments sans conflit vérifiant le critère heuristique défini à l'étape 1. Ces éléments forment une matrice de mode M_k.

3.2. Calcul de la nouvelle longueur ou durée de l'emploi du temps :

$$L = L + \text{Max} \{\tau_{ij} \in M_k\}$$

3.3. Les éléments qui ont été pris dans M_k sont à retrancher de la matrice de trafic T
$T = T - M_k$ (c'est une soustraction de matrice terme à terme).

4 - Aller à l'étape 3.

5 - Fin de la décomposition.

Note : Pour imposer à l'emploi du temps d'être composé très exactement de N tranches, il faut à l'étape 3.1. prendre exactement N nouveaux éléments parmi ceux restant dans T.

Cette approche dépend essentiellement du critère (heuristique) défini à l'étape 1.

Pour les méthodes heuristiques B et C qui vont suivre, nous avons imposé le nombre de matrices de mode à N.

A. Algorithme glouton sans fractionnement

Le principe de l'heuristique est le suivant :

Parmi les N^2 éléments de la matrice T, on commence par choisir le plus grand.

On supprime alors les éléments de T se trouvant sur la ligne et la colonne de l'élément choisi en les mettant à 0 dans T.

On recommance jusqu'à ce qu'il n'y ait que des 0 dans T.

Ce sont les éléments choisis successivement qui constituent la matrice de mode.

Ce processus de décomposition ne peut pas garantir N matrices de mode car à certaines étapes il arrive que l'on soit conduit à reprendre dans T un élément qui a déjà éta choisi (il est à ce moment à 0 dans T).

L'exemple présenté ci-après porte sur une matrice T de rang 5 dont les éléments sont des entiers tirés au hasard suivant une loi uniforme entre 10 et 1000. A chaque étape de la décomposition, figure la matrice C contenant les éléments restant à affecter suivie de la matrice de mode obtenue.

Après la décomposition de T figure l'emploi du temps correspondant aux matrices de mode obtenues.

Pour faire la représentation de l'emploi du temps obtenu à partir de la matrice de trafic T de rang N, nous supposerons dans toute la suite que le satellite est équipé de N répéteurs, un par station et que chaque répéteur couvre la totalité des stations (ou ce qui est équivalent, que chaque répéteur ne couvre qu'une seule station et que l'accès des répéteurs à bord du satellite soit banalisé). Dans la suite, nous prendrons toujours la première configuration décrite.

Matrice de trafic T

T =

437	538	911	410	336	2632
68	847	194	94	539	1742
554	107	254	865	218	1997
765	576	537	860	129	2867
184	319	954	258	903	2618
2008	2387	2850	2487	2125	

- ALGORITHME GLOUTON

A droite de la matrice figure la somme des éléments suivants les lignes et en-dessous la somme des éléments suivant les colonnes.

La ligne critique est la quatrième.

Matrice de mode 1

				336
	847			
			865	
765				
		954		

Matrice C

437	538	911	410	
68		194	94	539
554	107	254		218
	576	537	860	129
184	319		258	903

Matrice de mode 2

		911		
554				
			860	
				903

Matrice C

437	553		410	
68		194	94	539
	107	254		218
	576	537		129
184	319		258	

Matrice de mode 3

437				
				539
		254		
	576			
			258	

Matrice C

	538		410	
68		194	94	
	107			218
		537		129
184	319			

Matrice de mode 4

	538			
			94	
				218
		537		
184				

Matrice C

			410	
68		194		
	107			
				129
	319			

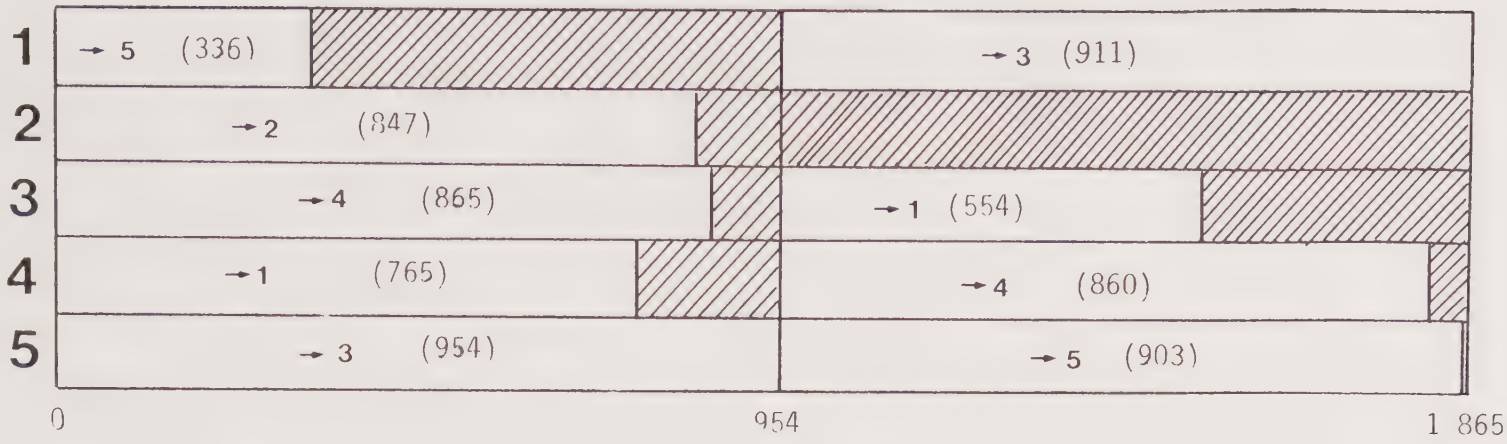
Matrice de mode 5

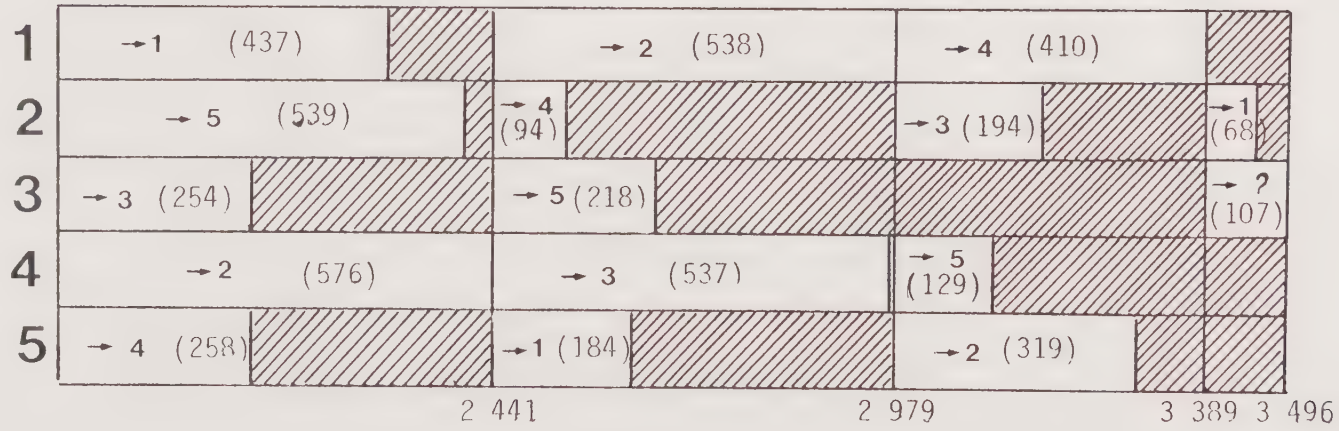
			410	
		194		
				129
	319			

Matrice de mode 6

68				
	107			

La durée totale de l'emploi du temps obtenu est 3496 unités et le rendement d'affectation de 82%.





PLAN DE CHARGE CORRESPONDANT A L'ALGORITHME GLOUTON

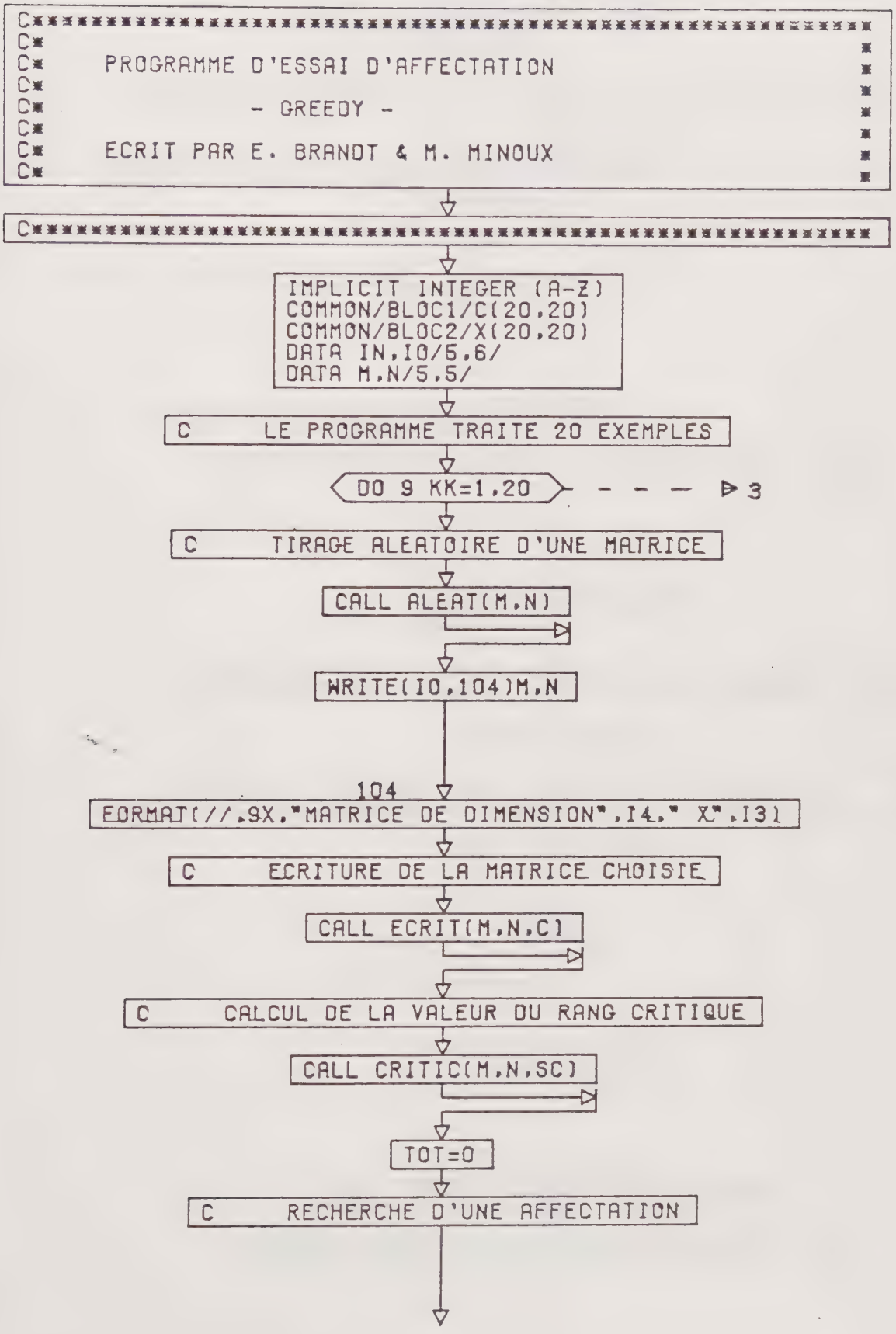
G R E E D Y

Listing et algorithme du Programme

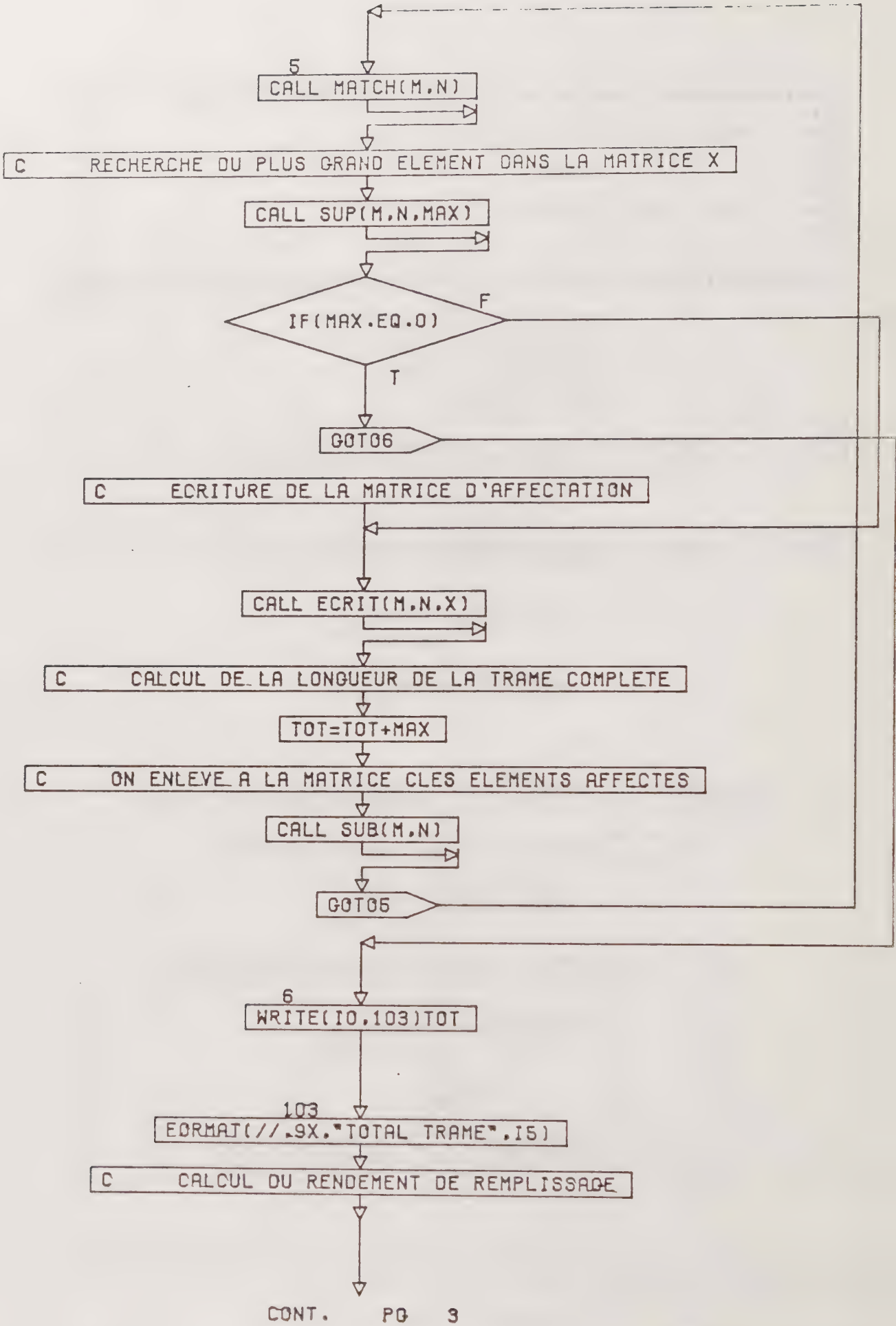
```
C*****************************************************
C*                                                   *
C*     PROGRAMME D'ESSAI D'AFFECTATION               *
C*                                                   *
C*                - GREEDY -                         *
C*                                                   *
C*     ECRIT PAR E. BRANDT & M. MINOUX               *
C*                                                   *
C*****************************************************
C
      IMPLICIT INTEGER (A-Z)
      COMMON/BLOC1/C(20,20)
      COMMON/BLOC2/X(20,20)
      DATA IN,IO/5,6/
      DATA M,N/5,5/
C
C     LE PROGRAMME TRAITE 20 EXEMPLES
      DO 9 KK=1,20
C
C     TIRAGE ALEATOIRE D'UNE MATRICE
      CALL ALEAT(M,N)
C
      WRITE(IO,104)M,N
  104 FORMAT(//,9X,"MATRICE DE DIMENSION",I4," X",I3)
C     ECRITURE DE LA MATRICE CHOISIE
      CALL ECRIT(M,N,C)
C
C     CALCUL DE LA VALEUR DU RANG CRITIQUE
      CALL CRITIC(M,N,SC)
C
      TOT=0
C     RECHERCHE D'UNE AFFECTATION
    5 CALL MATCH(M,N)
C     RECHERCHE DU PLUS GRAND ELEMENT DANS LA MATRICE X
      CALL SUP(M,N,MAX)
      IF(MAX.EQ.0)GOTO6
C     ECRITURE DE LA MATRICE D'AFFECTATION
      CALL ECRIT(M,N,X)
C     CALCUL DE LA LONGUEUR DE LA TRAME COMPLETE
      TOT=TOT+MAX
C     ON ENLEVE A LA MATRICE CLES ELEMENTS AFFECTES
      CALL SUB(M,N)
      GOTO5
C
    6 WRITE(IO,103)TOT
  103 FORMAT(//,9X,"TOTAL TRAME",I5)
C
C     CALCUL DU RENDEMENT DE REMPLISSAGE
      R=100*SC/TOT
      WRITE(IO,105)R
  105 FORMAT(//,9X,"RENDEMENT D'AFFECTATION",I5," %")
C
    9 CONTINUE
C
      STOP
      END
      SUBROUTINE ALEAT(M,N)
      INTEGER C,D
      COMMON/BLOC1/C(20,20)
      DATA A,B/10.,1001./
      DATA D/2779/
C
C     GENERATEUR DE NOMBRES ALEATOIRES ENTRE 10 ET 1000
      DO 1 I=1,M
      DO 1 J=1,N
      D=MOD(D*24296+99991,199017)
      C(I,J)=INT((B-A)*FLOAT(D)/199017.+A)
    1 CONTINUE
C
      RETURN
      END
      SUBROUTINE ECRIT(M,N,C)
      INTEGER C
      DIMENSION C(20,20)
      DATA IO/6/
C
      WRITE(IO,100)
  100 FORMAT(///)
C
      DO 1 I=1,M
      WRITE(IO,101)(C(I,J),J=1,M)
  101 FORMAT(9X,20I5)
    1 CONTINUE
C
      WRITE(IO,100)
      RETURN
      END
```

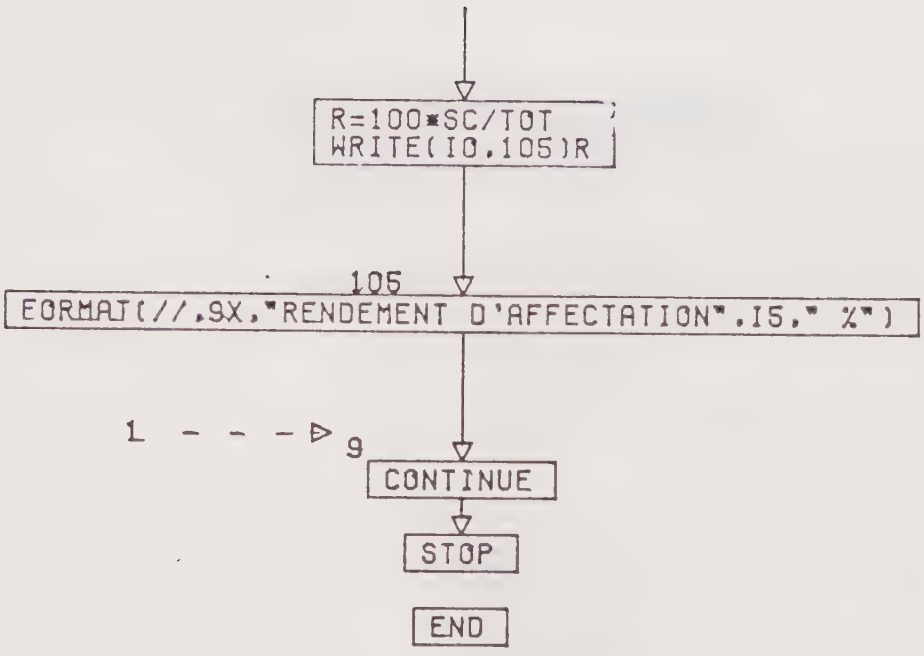
```
      SUBROUTINE CRITIC(M,N,SC)
      IMPLICIT INTEGER (A-Z)
      COMMON/BLOC1/C(20,20)
      DATA IO/6/
      SC=0
C
C     RECHERCHE DE LA LIGNE DONT LA SOMME DES ELEMENTS EST MAXIMUM
      DO 1 I=1,M
      A=0
      DO 2 J=1,N
      A=A+C(I,J)
    2 CONTINUE
      SC=MAXO(SC,A)
    1 CONTINUE
C
C     RECHERCHE DE LA COLONNE DONT LA SOMME DES ELEMENTS EST MAXIMUM
      DO 3 J=1,N
      A=0
      DO 4 I=1,M
      A=A+C(I,J)
    4 CONTINUE
      SC=MAXO(A,SC).
    3 CONTINUE
C
      WRITE(IO,100)SC
  100 FORMAT(//,9X,"RANG CRITIQUE",I8,//)
C
      RETURN
      END
      SUBROUTINE SUP(M,N,MAX)
      INTEGER X
      COMMON/BLOC2/X(20,20)
C
      MAX=0
      DO 1 I=1,M
      DO 1 J=1,N
      MAX=MAXO(MAX,X(I,J))
    1 CONTINUE
C
      RETURN
      END
      SUBROUTINE SUB(M,N)
      INTEGER C,X
      COMMON/BLOC1/C(20,20)
      COMMON/BLOC2/X(20,20)
C
      DO 1 I=1,M
      DO 1 J=1,N
      C(I,J)=C(I,J)-X(I,J)
    1 CONTINUE
C
      RETURN
      END
```

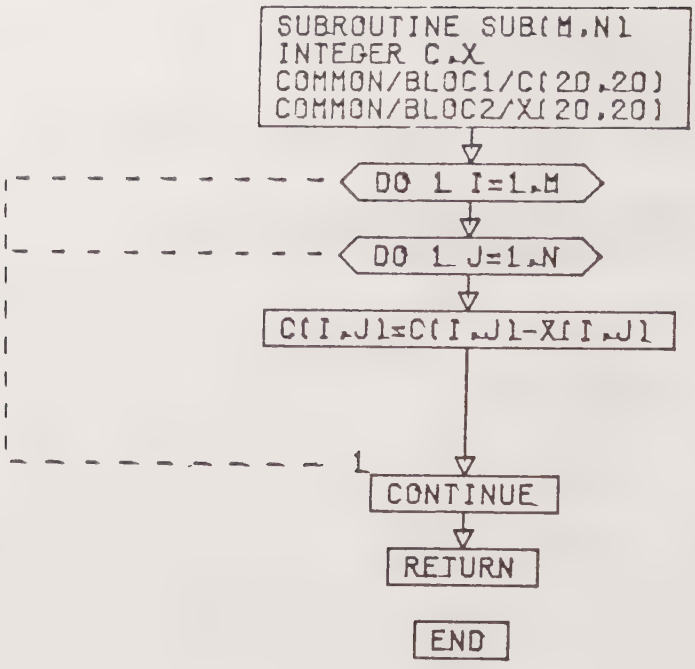
```
      SUBROUTINE MATCH(M,N)
C
C     AFFECTATION PAR L'ALGORITHME GLOUTON
C
      IMPLICIT INTEGER (A-Z)
      COMMON/BLOC1/C(20,20)
      COMMON/BLOC2/X(20,20)
      DIMENSION D(20,20)
C
      WRITE(6,100)
  100 FORMAT(//,9X,"MATRICE C")
      CALL ECRIT(M,N,C)
C
C     REMISE A ZERO DE LA MATRICE X
      DO 4 I=1,M
      DO 4 J=1,N
      X(I,J)=0
    4 CONTINUE
C
C     RECOPIE DE C DANS D
      DO 7 I=1,M
      DO 7 J=1,N
      D(I,J)=C(I,J)
    7 CONTINUE
C
      K=MINO(M,N)
C
    2 MAX=0
      DO 1 I=1,M
      DO 1 J=1,N
      IF(D(I,J).LE.MAX)GOTO1
      MAX=D(I,J)
      IO=I
      JO=J
    1 CONTINUE
C
C     MARQUAGE DANS X DE L'ELEMENT CHOISI DANS C
      X(IO,JO)=C(IO,JO)
C
C     MISE A ZERO  DE LA COLONNE CRITIQUE
      DO 5 I=1,M
      D(I,JO)=0
    5 CONTINUE
C
      DO 8 J=1,M
      D(IO,J)=0
    8 CONTINUE
C
      K=K-1
      IF(K.EQ.0)GOTO3
      GOTO2
    3 RETURN
      END
```

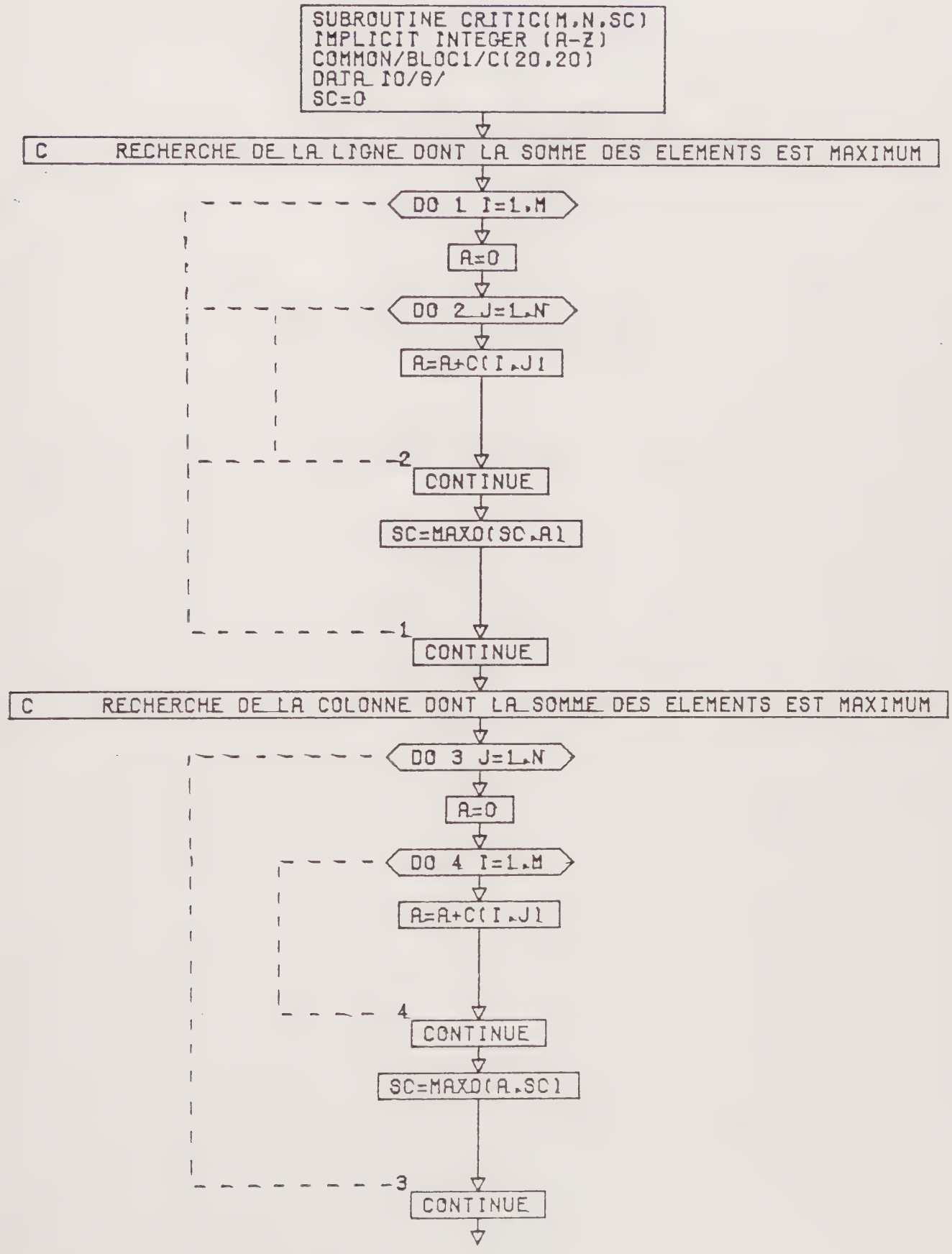

C**********
C*
C* PROGRAMME D'ESSAI D'AFFECTATION
C*
C* - GREEDY -
C*
C* ECRIT PAR E. BRANDT & M. MINOUX
C*
C**********
IMPLICIT INTEGER (A-Z)
COMMON/BLOC1/C(20,20)
COMMON/BLOC2/X(20,20)
DATA IN,IO/5,6/
DATA M,N/5,5/
C LE PROGRAMME TRAITE 20 EXEMPLES
DO 9 KK=1,20
3
C TIRAGE ALEATOIRE D'UNE MATRICE
CALL ALEAT(M,N)
WRITE(IO,104)M,N
104
FORMAT(//,9X,"MATRICE DE DIMENSION",I4," X",I3)
C ECRITURE DE LA MATRICE CHOISIE
CALL ECRIT(M,N,C)
C CALCUL DE LA VALEUR DU RANG CRITIQUE
CALL CRITIC(M,N,SC)
TOT=0
C RECHERCHE D'UNE AFFECTATION

CONT. PG 2

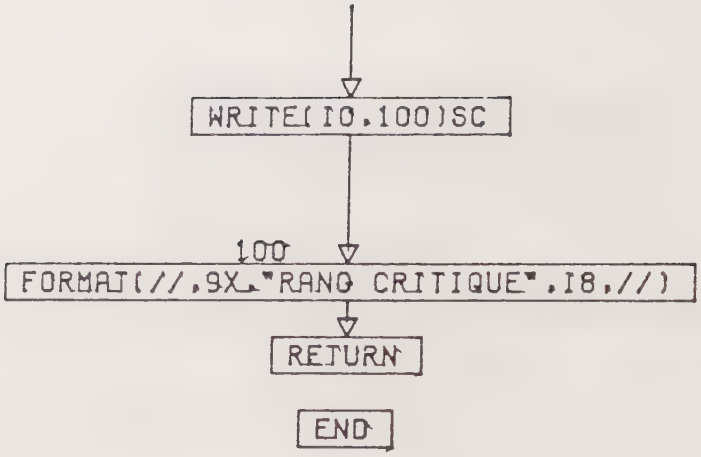

5
CALL MATCH(M,N)
C RECHERCHE DU PLUS GRAND ELEMENT DANS LA MATRICE X
CALL SUP(M,N,MAX)
IF(MAX.EQ.0)
F
T
GOTO6
C ECRITURE DE LA MATRICE D'AFFECTATION
CALL ECRIT(M,N,X)
C CALCUL DE LA LONGUEUR DE LA TRAME COMPLETE
TOT=TOT+MAX
C ON ENLEVE A LA MATRICE CLES ELEMENTS AFFECTES
CALL SUB(M,N)
GOTO5
6
WRITE(IO,103)TOT
103
FORMAT(//,9X,"TOTAL TRAME",I5)
C CALCUL DU RENDEMENT DE REMPLISSAGE
CONT. PG 3

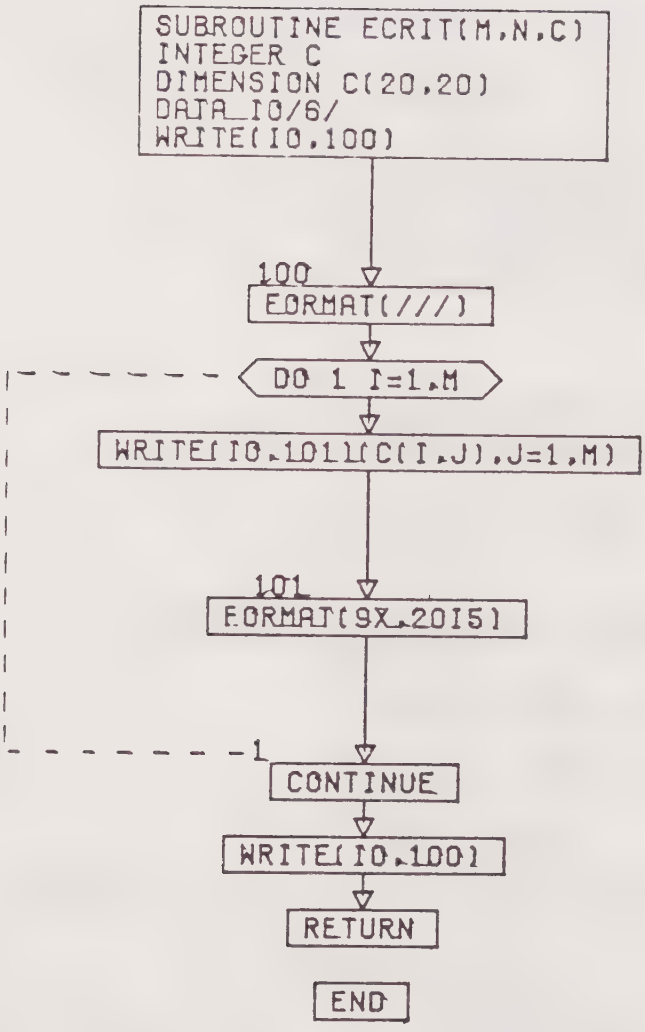

R=100*SC/TOT
WRITE(IO,105)R
105
FORMAT(//,9X,"RENDEMENT D'AFFECTATION",I5," %")
1
9
CONTINUE
STOP
END

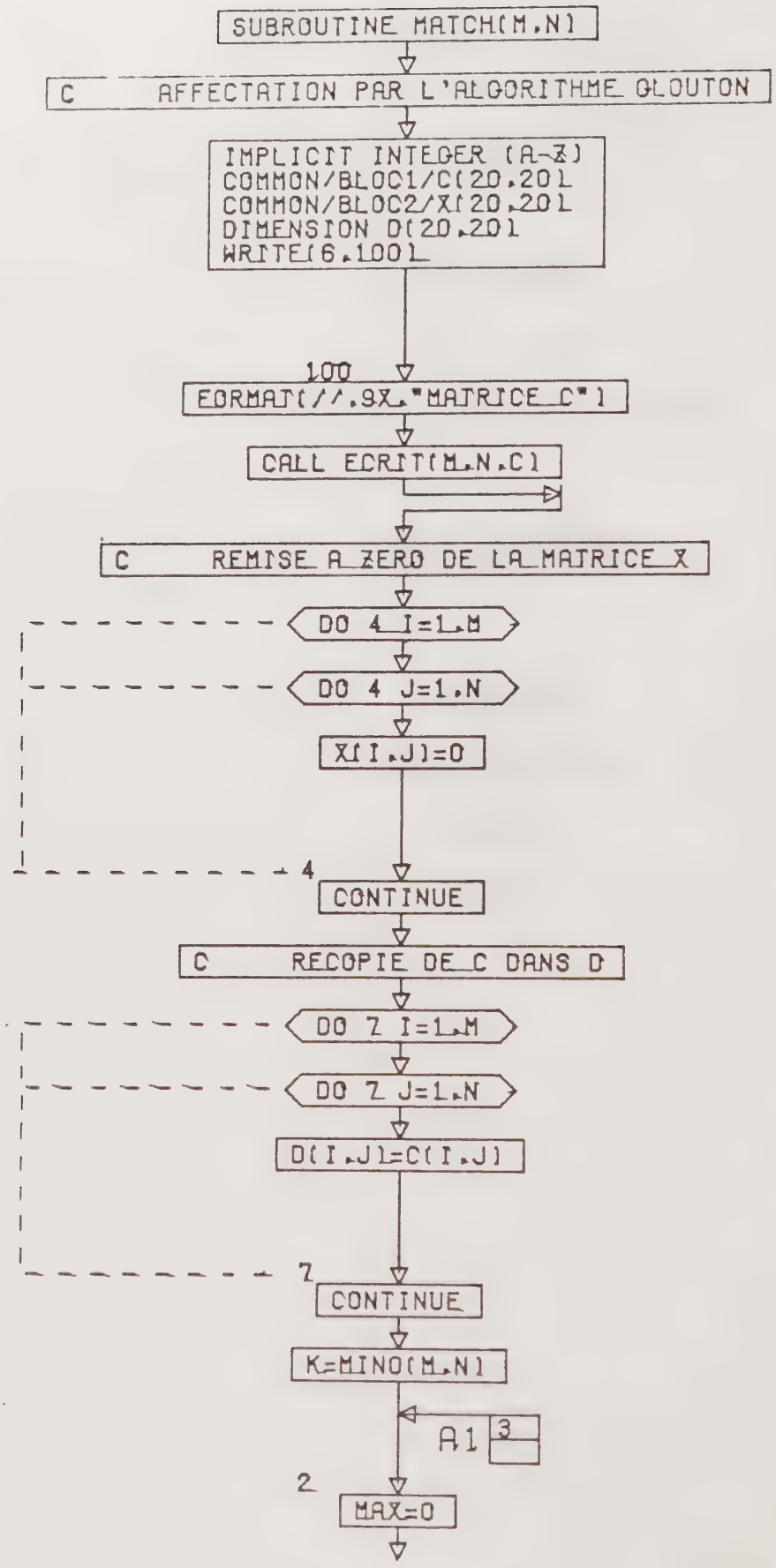

SUBROUTINE SUB(M,N)
INTEGER C,X
COMMON/BLOC1/C(20,20)
COMMON/BLOC2/X(20,20)
DO 1 I=1,M
DO 1 J=1,N
C(I,J)=C(I,J)-X(I,J)
1
CONTINUE
RETURN
END

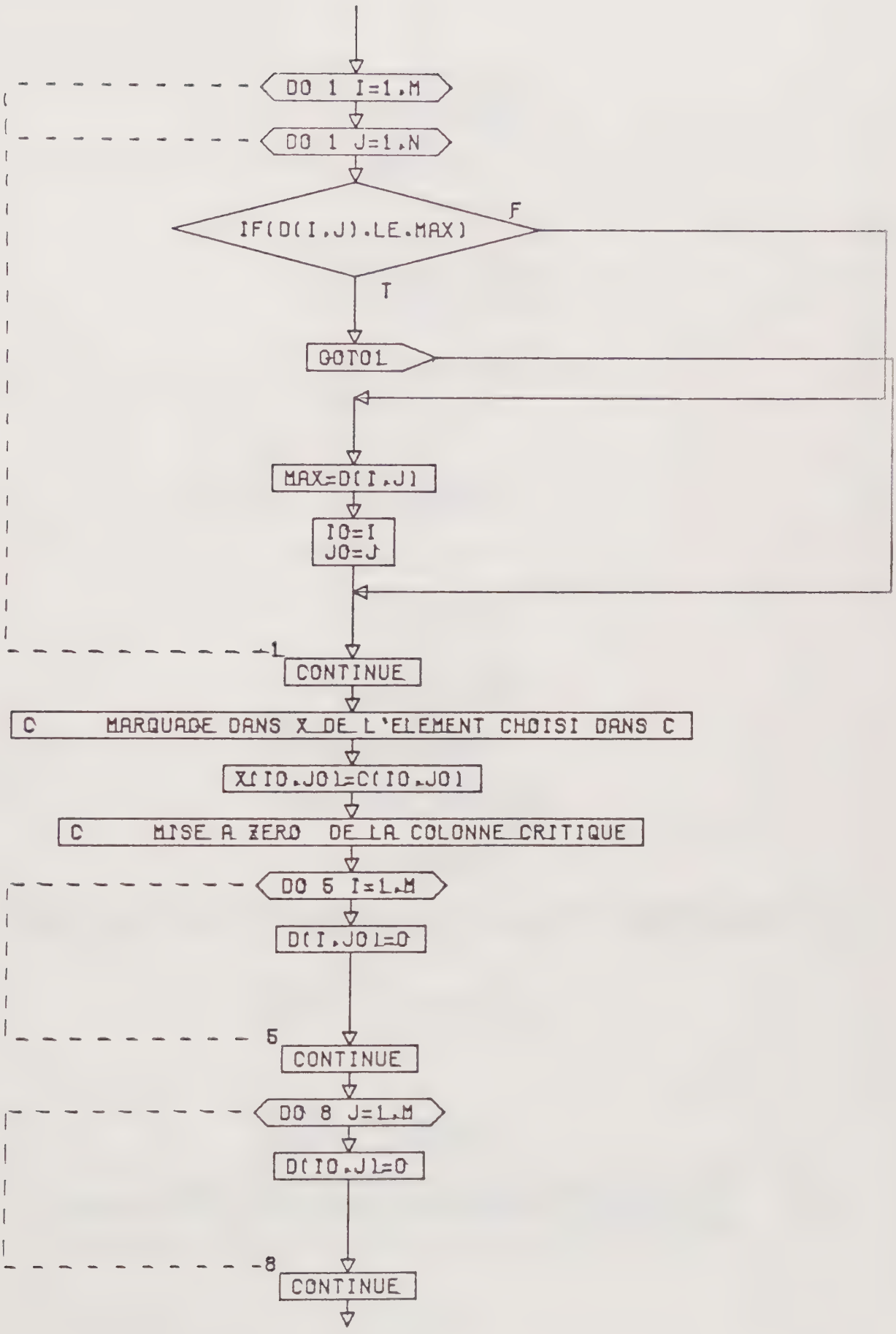

SUBROUTINE CRITIC(M,N,SC)
IMPLICIT INTEGER (A-Z)
COMMON/BLOC1/C(20,20)
DATA IO/6/
SC=0
C RECHERCHE DE LA LIGNE DONT LA SOMME DES ELEMENTS EST MAXIMUM
DO 1 I=1,M
A=0
DO 2 J=1,N
A=A+C(I,J)
2 CONTINUE
SC=MAXO(SC,A)
1 CONTINUE
C RECHERCHE DE LA COLONNE DONT LA SOMME DES ELEMENTS EST MAXIMUM
DO 3 J=1,N
A=0
DO 4 I=1,M
A=A+C(I,J)
4 CONTINUE
SC=MAXO(A,SC)
3 CONTINUE

CONT. PG 2

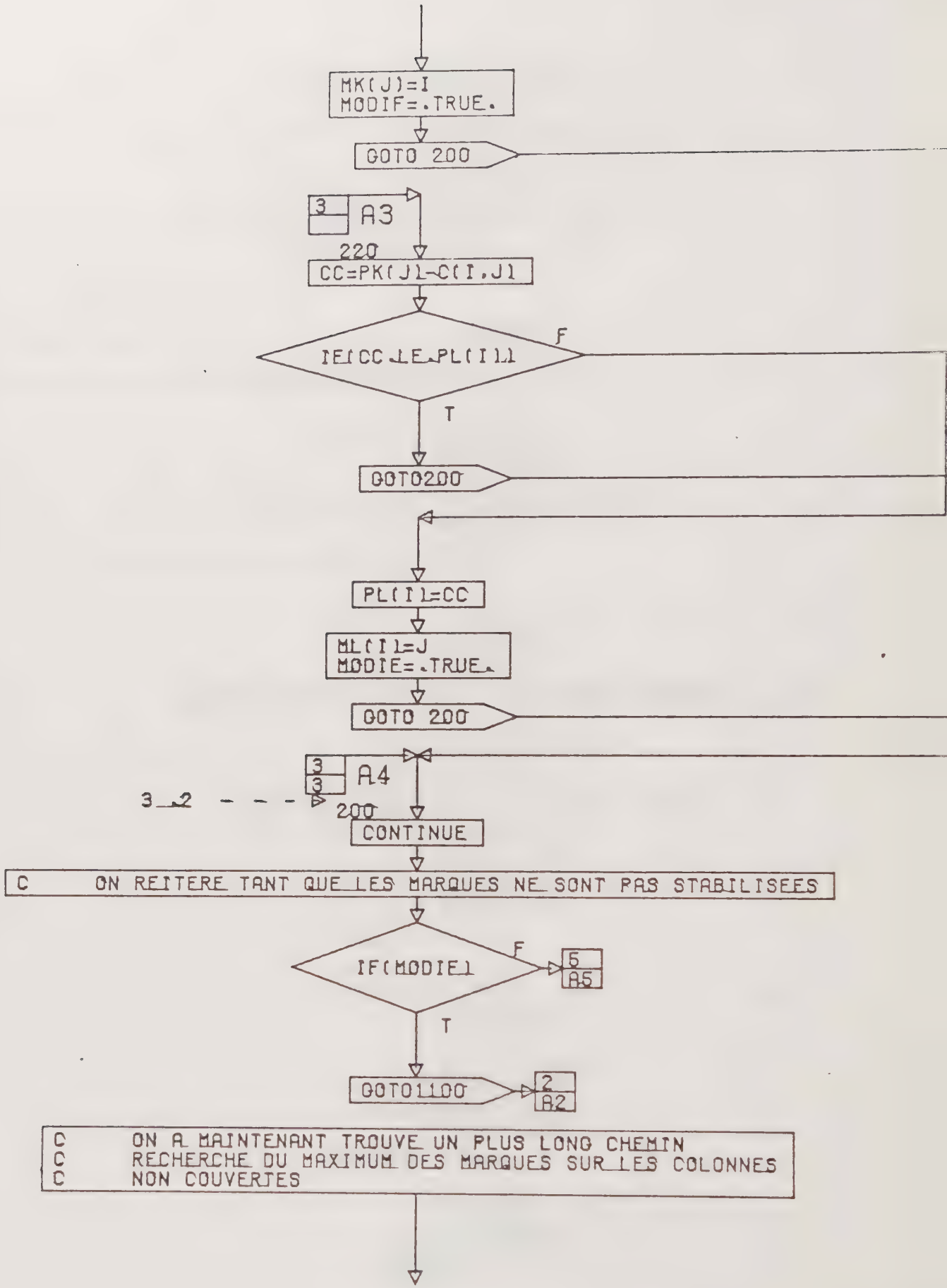

WRITE(IO,100)SC
100
FORMAT(//,9X,"RANG CRITIQUE",I8,//)
RETURN
END


SUBROUTINE ECRIT(M,N,C)
INTEGER C
DIMENSION C(20,20)
DATA IO/6/
WRITE(IO,100)
100
FORMAT(///)
DO 1 I=1,M
WRITE(IO,101)(C(I,J),J=1,M)
101
FORMAT(9X,20I5)
1
CONTINUE
WRITE(IO,100)
RETURN
END

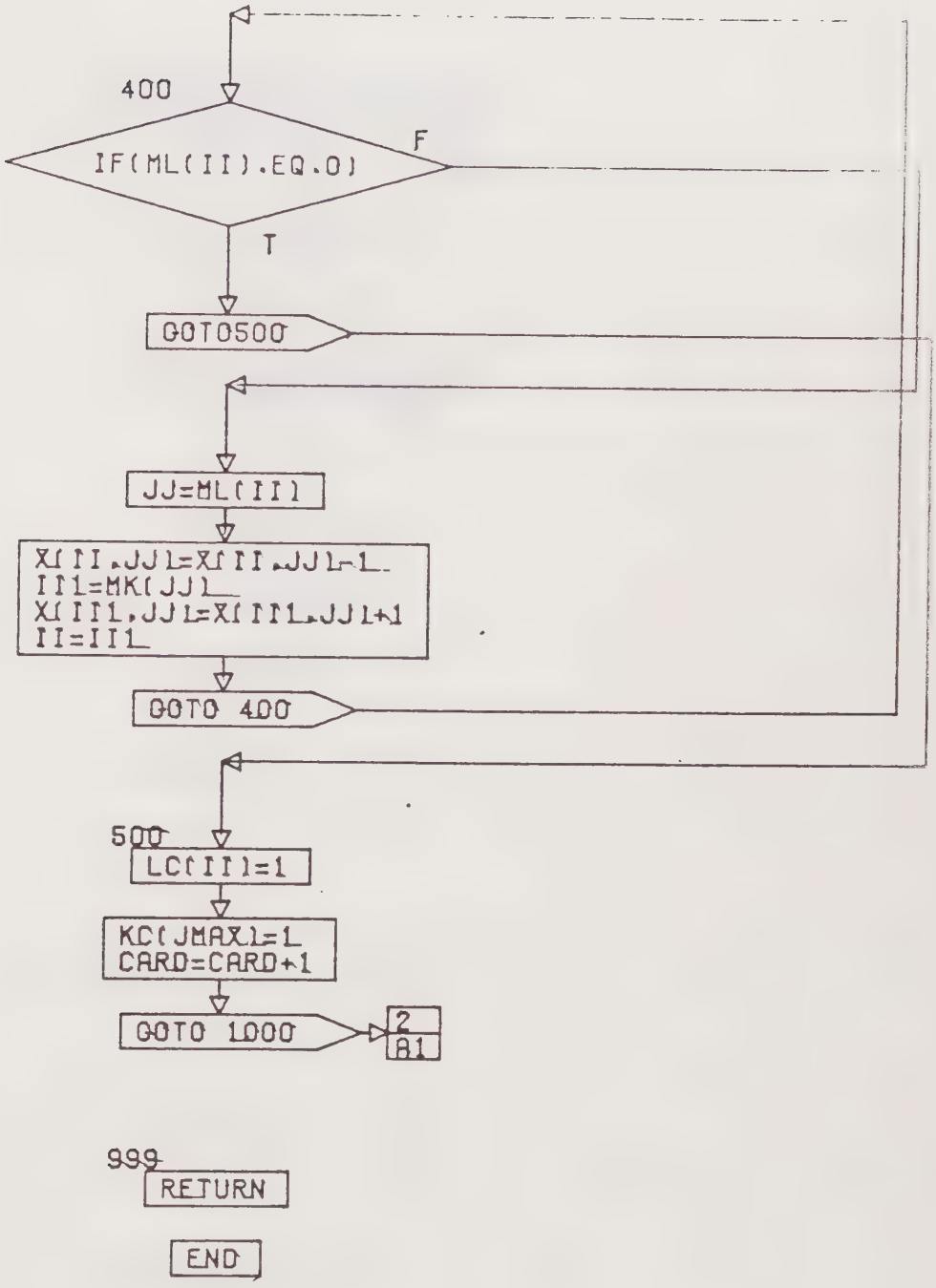

SUBROUTINE MATCH(M,N)
C AFFECTATION PAR L'ALGORITHME GLOUTON
IMPLICIT INTEGER (A-Z)
COMMON/BLOC1/C(20,20)
COMMON/BLOC2/X(20,20)
DIMENSION D(20,20)
WRITE(6,100)
100
FORMAT(//,9X,"MATRICE C")
CALL ECRIT(M,N,C)
C REMISE A ZERO DE LA MATRICE X
DO 4 I=1,M
DO 4 J=1,N
X(I,J)=0
4
CONTINUE
C RECOPIE DE C DANS D
DO 7 I=1,M
DO 7 J=1,N
D(I,J)=C(I,J)
7
CONTINUE
K=MINO(M,N)
A1
3
2
MAX=0
CONT. PG 2

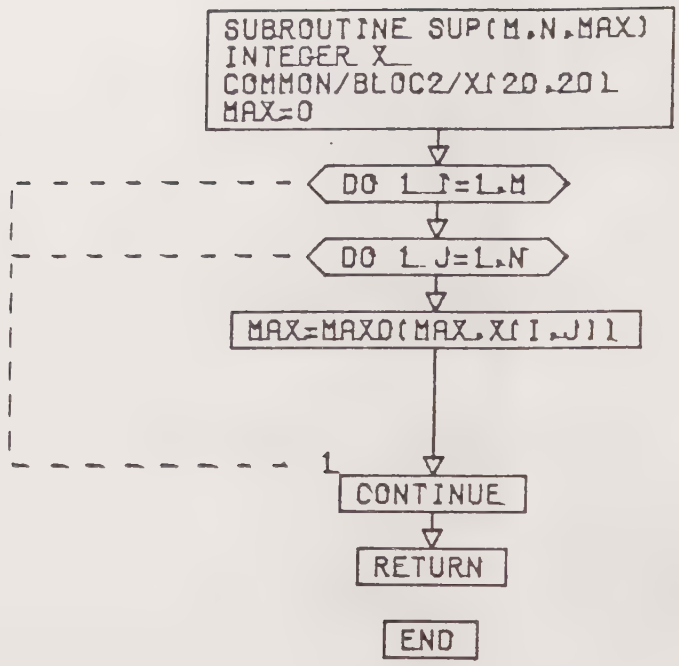

DO 1 I=1,M
DO 1 J=1,N
IF(D(I,J).LE.MAX)
F
T
GOTO1
MAX=D(I,J)
IO=I
JO=J
1
CONTINUE
C MARQUAGE DANS X DE L'ELEMENT CHOISI DANS C
X(IO,JO)=C(IO,JO)
C MISE A ZERO DE LA COLONNE CRITIQUE
DO 5 I=1,M
D(I,JO)=0
5
CONTINUE
DO 8 J=1,M
D(IO,J)=0
8
CONTINUE

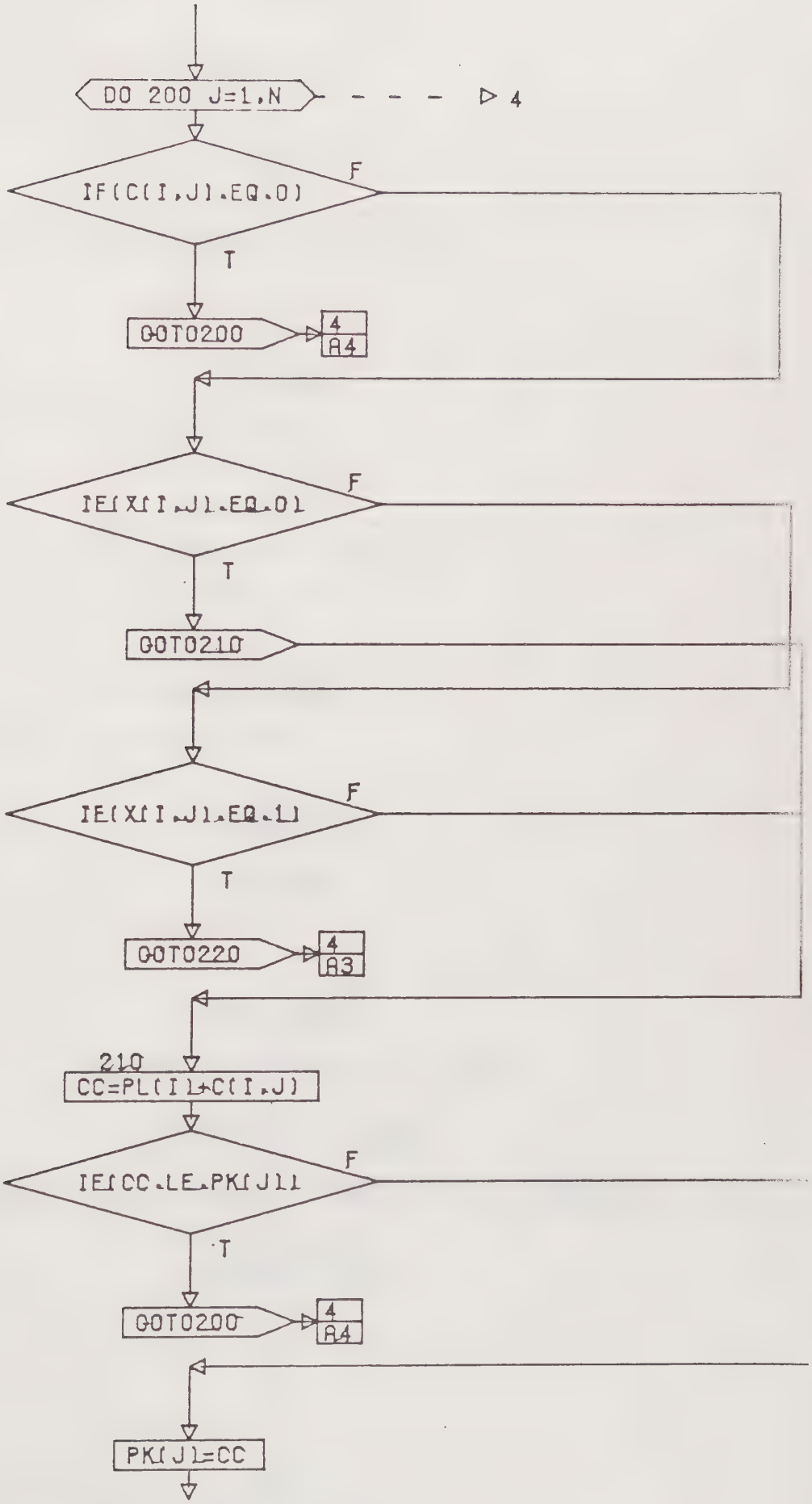
CONT. PG 3


MK(J)=I
MODIF=.TRUE.
GOTO 200
3
A3
220
CC=PK(J)-C(I,J)
IF(CC.LE.PL(I))
F
T
GOTO200
PL(I)=CC
ML(I)=J
MODIE=.TRUE.
GOTO 200
3
3
A4
3,2
200
CONTINUE
C ON REITERE TANT QUE LES MARQUES NE SONT PAS STABILISEES
IF(MODIE)
F
5
A5
T
GOTO1100
2
A2
C ON A MAINTENANT TROUVE UN PLUS LONG CHEMIN
C RECHERCHE DU MAXIMUM DES MARQUES SUR LES COLONNES
C NON COUVERTES

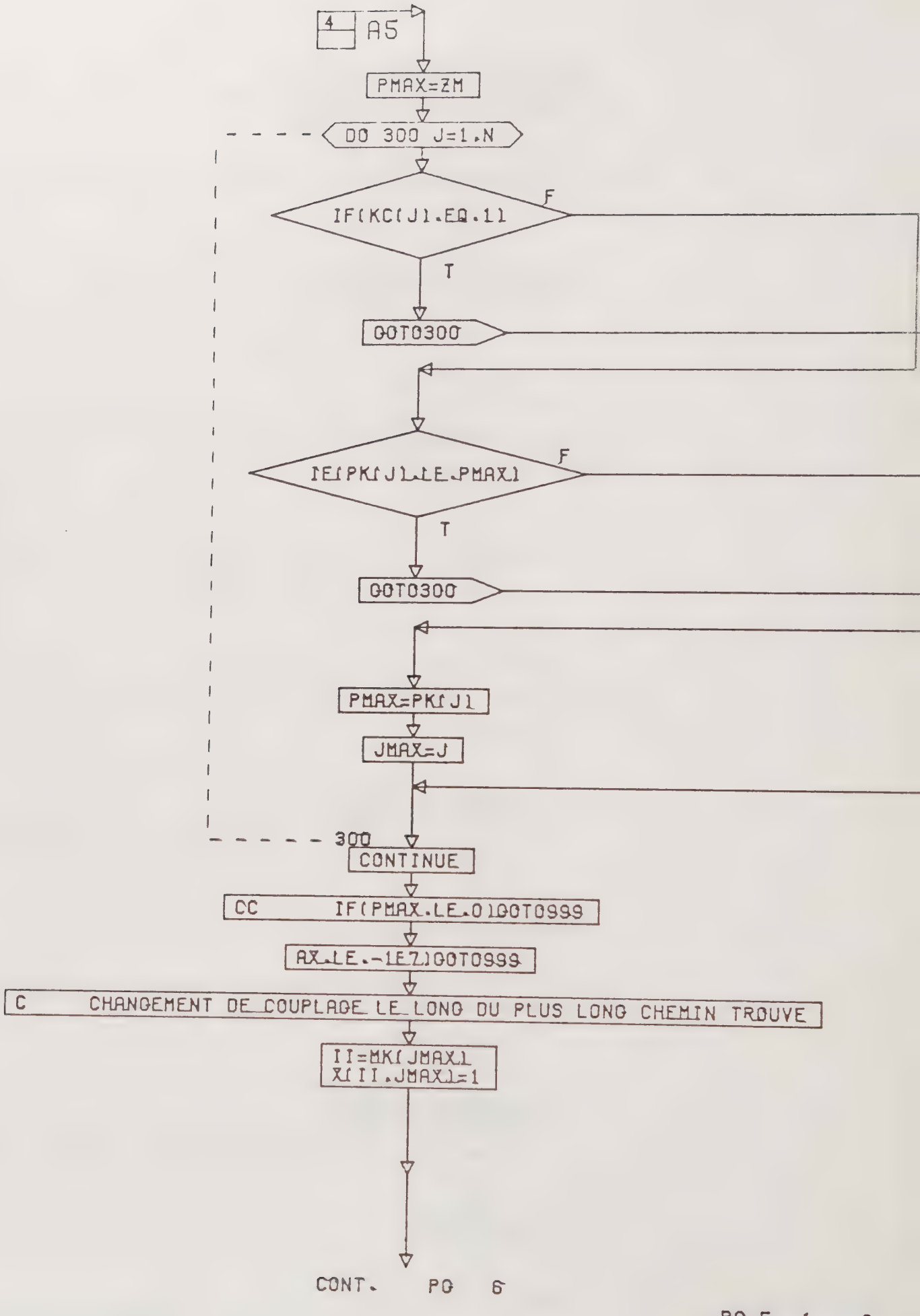
CONT. PG 5

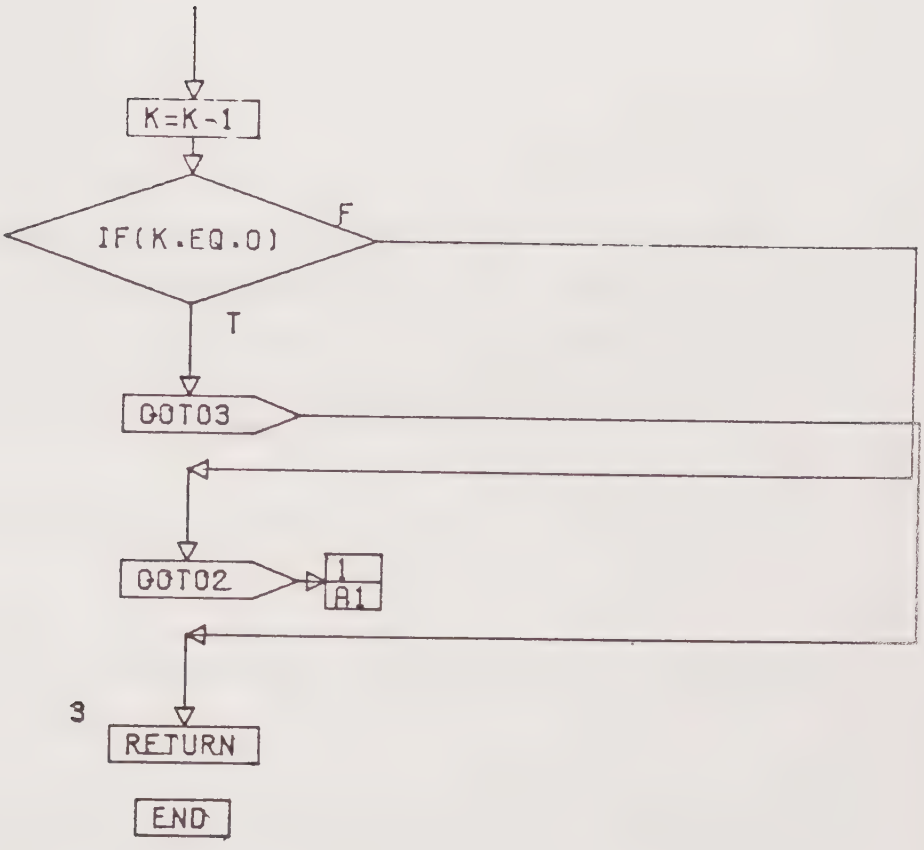

400
IF(ML(II).EQ.0)
F
T
GOTO500
JJ=ML(III)
X(II,JJ)=X(II,JJ)-1
III=MK(JJ)
X(III,JJ)=X(III,JJ)+1
II=III
GOTO 400
500
LC(II)=1
KC(JMAX)=1
CARD=CARD+1
GOTO 1000
2
A1
999
RETURN
END


SUBROUTINE SUP(M,N,MAX)
INTEGER X
COMMON/BLOC2/X(20,20)
MAX=0
DO 1 I=1,M
DO 1 J=1,N
MAX=MAXO(MAX,X(I,J))
1
CONTINUE
RETURN
END


DO 200 J=1,N
4
IF(C(I,J).EQ.0)
F
T
GOTO200
4
A4
IE(X(I,J).EQ.0)
F
T
GOTO210
IE(X(I,J).EQ.1)
F
T
GOTO220
4
A3
210
CC=PL(I)+C(I,J)
IE(CC.LE.PK(J))
F
T
GOTO200
4
A4
PK(J)=CC

CONT. PG 4


4
A5
PMAX=ZM
DO 300 J=1,N
IF(KC(J).EQ.11
F
T
GOTO300
IF(PK(J).LE.PMAX)
F
T
GOTO300
PMAX=PK(J)
JMAX=J
300
CONTINUE
CC IF(PMAX.LE.0)GOTO999
AX.LE.-1E7)GOTO999
C CHANGEMENT DE COUPLAGE LE LONG DU PLUS LONG CHEMIN TROUVE
II=MK(JMAX)
X(II,JMAX)=1
CONT. PG 6


K=K-1
IF(K.EQ.0)
F
T
GOTO3
GOTO2
1
A1
3
RETURN
END

B. Algorithme MAXSUM

Le principe de cette heuristique est de choisir à chaque étape de la décomposition de T des éléments tels que leur somme soit la plus grande possible. Cette condition n'entraîne pas systématiquement la cardinalité N du sous-ensemble des éléments choisis.

Deux variantes de MAXSUM ont été testées sur des exemples.

MAXSUM 1. Où l'on impose à chaque étape seulement la condition précitée.

MAXSUM 2. Où l'on impose à chaque étape au sous-ensemble des éléments choisis d'être en plus de cardinalité N.

Ce choix peut se faire en utilisant un algorithme classique de la Recherche Opérationnelle "l'algorithme Hongrois". L'exposé de cette méthode est fort long et sortirait quelque peut du cadre de ce travail, le lecteur intéressé peut se rapporter à l'excellente description qui en est faite dans |18| p. 133-147.

L'exemple suivant utilise la même matrice T que l'exemple précédent. A chaque étape de la décomposition, on donne la matrice C contenant les éléments de T qui n'ont pas encore été choisis, suivie de la matrice de mode contenant les éléments choisis à cette étape.

Cette décomposition est suivie de l'emploi du temps obtenu à partir des matrices de mode.

Matrice de trafic T

T =

437	538	311	410	336	2632
68	847	194	94	539	1742
554	107	254	865	218	1998
765	576	537	860	129	2867
184	319	354	258	903	2618
2008	2387	2850	2487	2125	

ALGORITHME MAXSUM 1

A droite de la matrice figure la somme des éléments suivant les lignes et en-dessous la somme de éléments suivant les colonnes.

La ligne critique est la quatriè

Matrice de mode 1

		311		
	847			
			865	
765				
				903

Matrice C

437	538		410	336
68		194	94	539
554	107	254		218
	576	537	860	129
184	319	354	258	

Matrice de mode 2

	538			
				539
554				
			860	
		954		

Matrice C

437			410	336
68		194	94	
	107	254		218
	576	537		129
184	319		258	

Matrice de mode 3

437				
		194		
				218
	576			
			258	

Matrice C

			410	336
68			34	
	107	254		
		537		129
184	319			

Matrice de mode 4

			410	
68				
		537		
	319			

Matrice C

				336
			94	
	107	254		
				129
184				

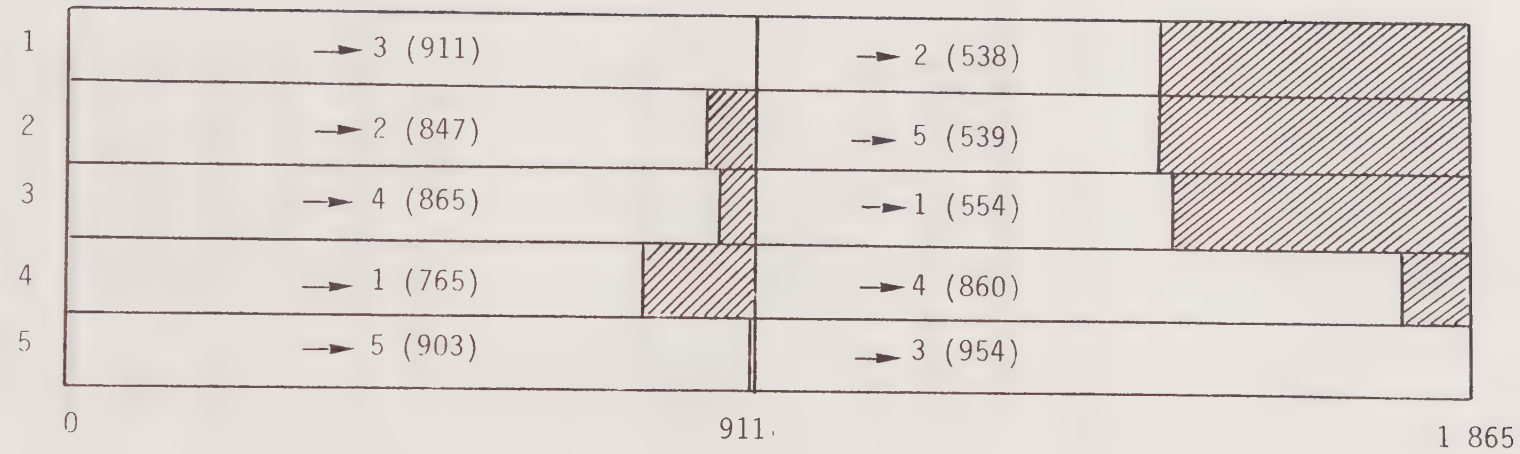
Matrice de mode 5

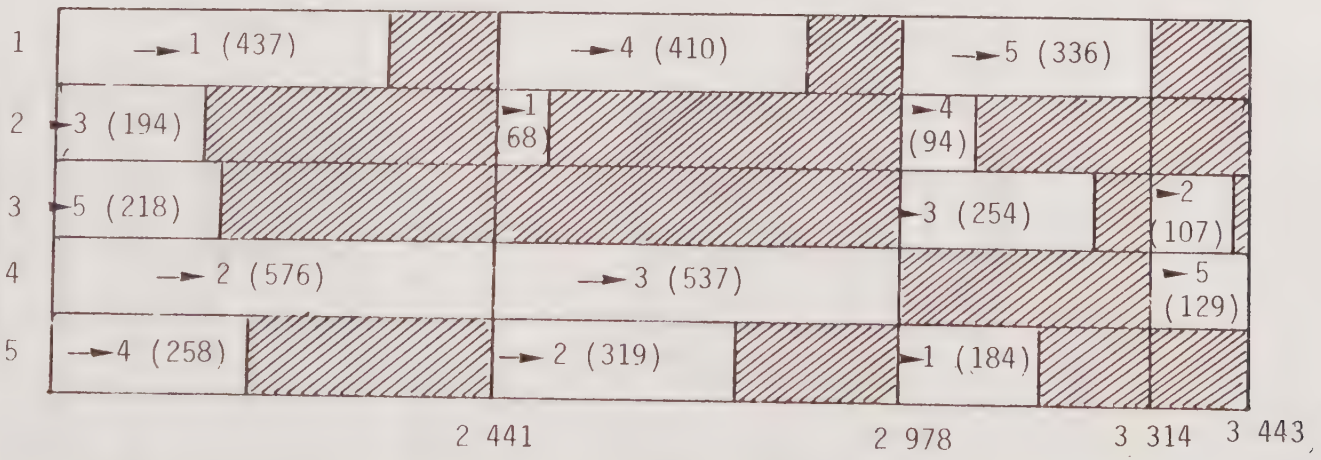
				336
			94	
		254		
184				

Matrice de mode 6

	107			
				129

La durée totale de l'emploi du temps obtenu est 3443 unités et le rendement d'affectation de 83%.





PLAN DE CHARGE OBTENU AVEC MAXSUM 1

Matrice de trafic T

T =

437	538	911	410	336	2632
68	347	311	34	529	1242
554	107	254	365	218	1398
765	576	527	860	129	2862
184	319	354	258	303	2618
2009	2387	2350	2437	2125	

ALGORITHME MAXSUM 2

A droite de la matrice figure la somme des éléments suivant les lignes et en-dessous la somme des éléments suivant les colonnes.

C'est la quatrième ligne qui est critique.

Matrice de mode 1

		911		
	347			
			365	
765				
				303

Matrice C

437	538		410	336
68		184	34	529
554	107	254		218
	576	537	860	129
184	219	354	258	

Matrice de mode 2

	538			
				529
554				
			860	
		354		

Matrice C

437			410	336
68		184	34	
	107	254		218
	576	537		129
84	219		258	

Matrice de mode 3

437				
		134		
				218
	576			
			258	

Matrice C

			410	336
68			34	
	107	254		
		537		129
184	319			

Matrice de mode 4

				336
			34	
	107			
		537		
184				

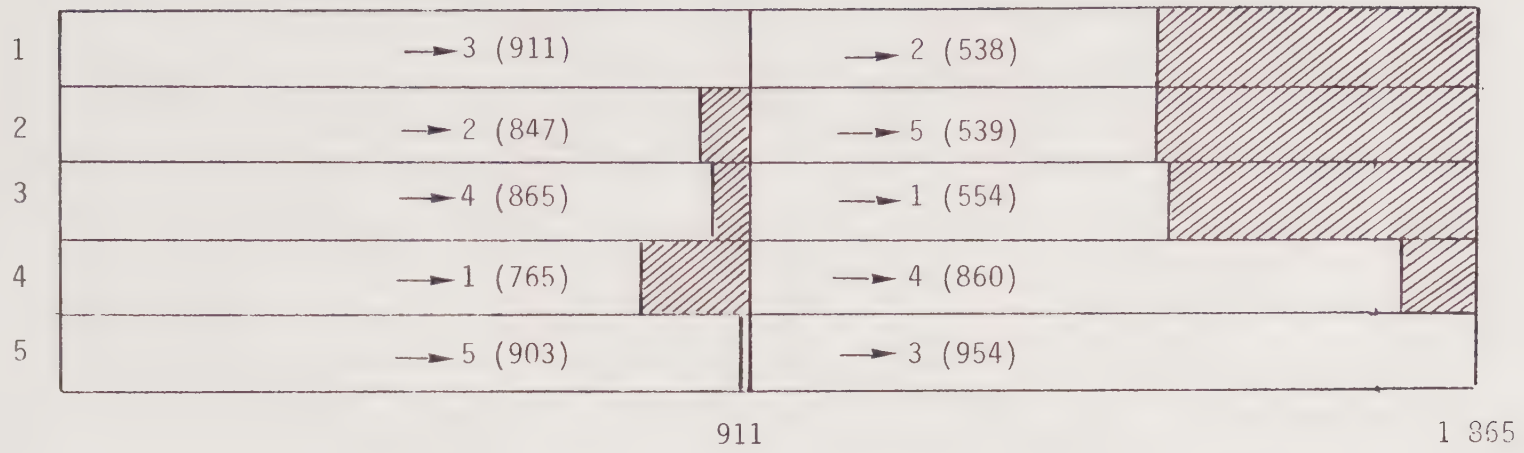
Matrice C

			410	
68				
		254		
				129
	319			

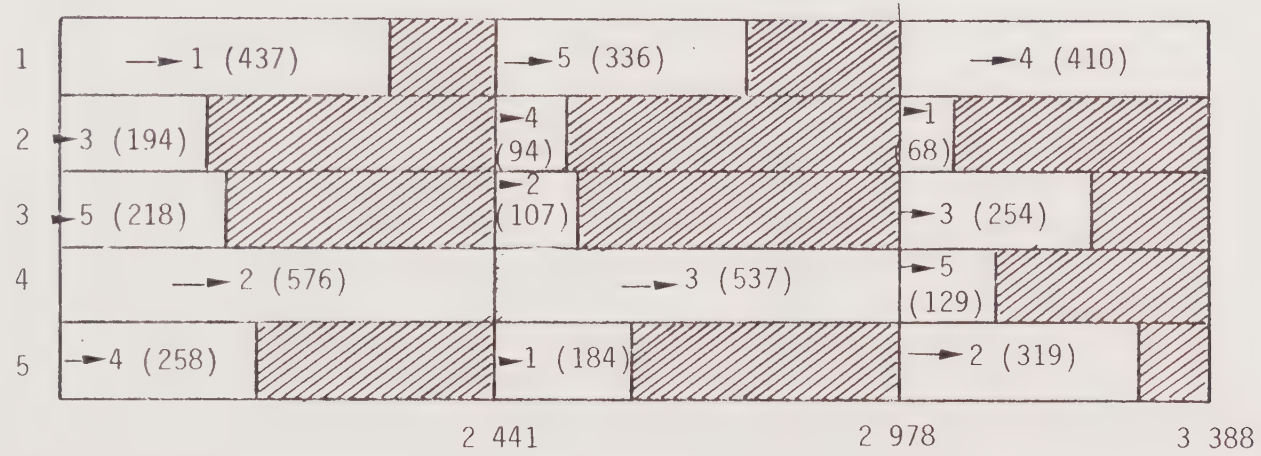
Matrice de mode 5

			410	
68				
		254		
				29
	319			

La durée totale de l'emploi du temps obtenu est 3388 unités et le rendement d'affectation de 84%.



Suite



PLAN DE CHARGE OBTENU AVEC MAXSUM 2

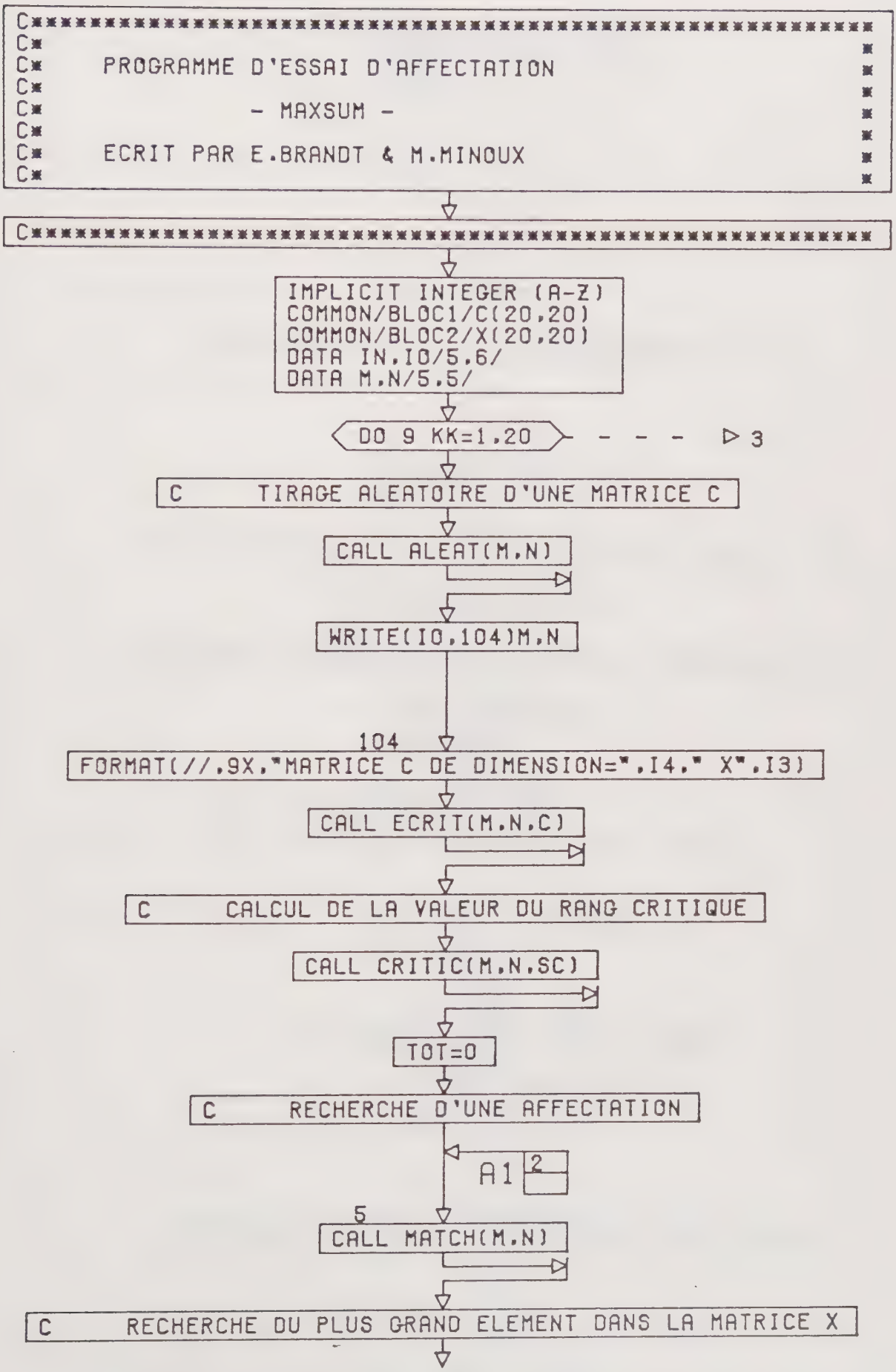
M A X S U M

Linsting et algorithme du programme

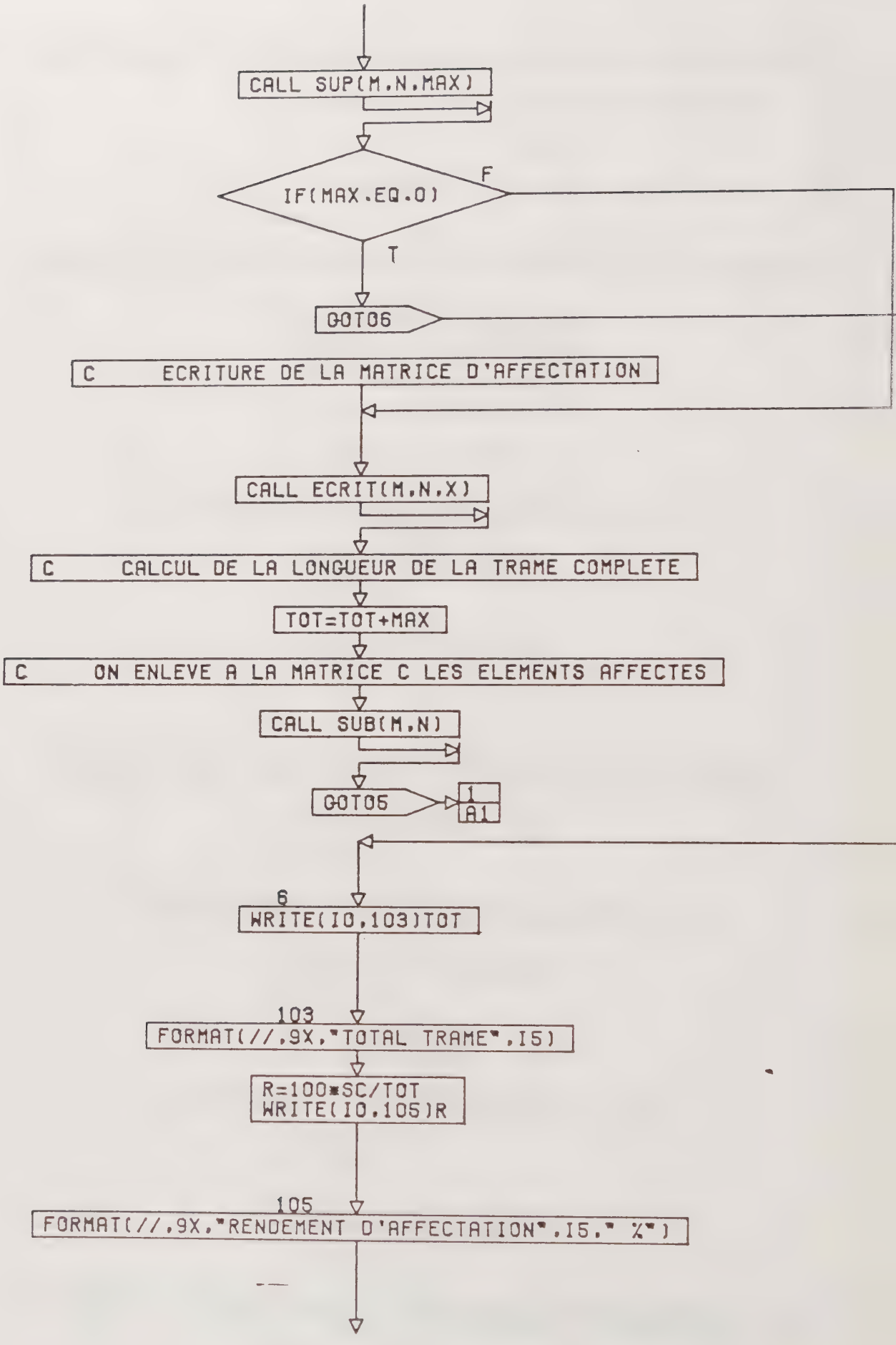
```
C*********************************************************************
C*                                                                   *
C*      PROGRAMME D'ESSAI D'AFFECTATION                              *
C*                                                                   *
C*                  - [illegible] -                                  *
C*                                                                   *
C*      [illegible]                                                  *
C*                                                                   *
C*********************************************************************
C
      IMPLICIT INTEGER (A-Z)
      COMMON/BLOC1/C(20,20)
      COMMON/BLOC2/X(20,20)
      DATA IN,IO/5,6/
      DATA M,N/5,5/
C
      DO 9 K=1,20
C
C     TIRAGE ALEATOIRE D'UNE MATRICE C
      CALL ALEAT(M,N)
C
      WRITE(IO,104) M,N
  104 FORMAT(//,9X,"MATRICE C DE DIMENSION=",I4," X",I3)
      CALL ECRIT(M,N,C)
C
C     CALCUL DE LA VALEUR DU RANG CRITIQUE
      CALL CRITIC(M,N,SC)
C
      TOT=0
C     RECHERCHE D'UNE AFFECTATION
    5 CALL MATCH(M,N)
C     RECHERCHE DU PLUS GRAND ELEMENT DANS LA MATRICE X
      CALL SUP(M,N,MAX)
      IF(MAX.EQ.0)GOTO6
C     ECRITURE DE LA MATRICE D'AFFECTATION
      CALL ECRIT(M,N,X)
C     CALCUL DE LA LONGUEUR DE LA TRAME COMPLETE
      TOT=TOT+MAX
C     ON ENLEVE A LA MATRICE C LES ELEMENTS AFFECTES
      CALL SUB(M,N)
      GOTO5
C
    6 WRITE(IO,103)TOT
  103 FORMAT(//,9X,"TOTAL TRAME",I5)
C
      R=100*SC/TOT
      WRITE(IO,105)R
  105 FORMAT(//,9X,"RENDEMENT D'AFFECTATION",I5," %")
C
    9 CONTINUE
C
      STOP
      END
      SUBROUTINE ALEAT(M,N)
      INTEGER C,D
      COMMON/BLOC1/C(20,20)
      DATA A,B/10.,1001./
      DATA D/2779/
C
      DO 1 I=1,M
      DO 1 J=1,N
      D=MOD(D*24298+99991,199017)
      C(I,J)=INT((B-A)*FLOAT(D)/199017.+A)
    1 CONTINUE
C
      RETURN
      END
      SUBROUTINE ECRIT(M,N,C)
      INTEGER C
      DIMENSION C(20,20)
      DATA IO/6/
C
      WRITE(IO,100)
  100 FORMAT(///)
C
      DO 1 I=1,M
      WRITE(IO,101)(C(I,J),J=1,N)
  101 FORMAT(9X,20I5)
    1 CONTINUE
C
      WRITE(IO,100)
      RETURN
      END
```

```
1930        SUBROUTINE CRITIC(M,N,SC)
1940        IMPLICIT INTEGER (A-Z)
1950        COMMON/BLOC1/C(20,20)
1960        DATA IC/99/
1970        LC=
1980C
1990        DO 1 I=1,M
2000        A=0
2010        DO 2 J=1,N
2020        A=A+C(I,J)
2030      2 CONTINUE
2040        SC=MIN(SC,A)
2050      1 CONTINUE
2060        DO 3 J=1,N
2070        A=0
2080        DO 4 I=1,M
2090        A=A+C(I,J)
2100      4 CONTINUE
2110        SC=MIN(A,SC)
2120      3 CONTINUE
2130        WRITE(10,100)SC
2140    100 FORMAT(///,5X,"MAUVAIS CRITIQUE",I5,///)
2150C
2160        RETURN
2170        END
2180        SUBROUTINE SUP(M,N,MAX)
2190        INTEGER X
2200        COMMON/BLOC2/X(20,20)
2210C
2220        MAX=0
2230        DO 1 I=1,M
2240        DO 1 J=1,N
2250        MAX=MAX0(MAX,X(I,J))
2260      1 CONTINUE
2270C
2280        RETURN
2290        END
2300        SUBROUTINE SOU(M,N)
2310        INTEGER C,X
2320        COMMON/BLOC1/C(20,20)
2330        COMMON/BLOC2/X(20,20)
2340C
2350        DO 1 I=1,M
2360        DO 1 J=1,N
2370        C(I,J)=C(I,J)-X(I,J)
2380      1 CONTINUE
2390C
2400        RETURN
2410        END
2420        SUBROUTINE MATCH(M,N)
2430C
2440C       RECHERCHE D'UNE AFFECTATION DE COUT MAXIMUM
2450C
2460        IMPLICIT INTEGER (A-Z)
2470        COMMON/BLOC1/C(20,20)
2480        COMMON/BLOC2/X(20,20)
2490        DIMENSION LC(20),MC(20),PL(20),ML(20),PK(20),MK(20)
2500        LOGICAL MODIF
2510C
2520        ZM=-1E6
2530C
2540        WRITE(6,101)
2550    101 FORMAT(///,9X,"MATRICE C")
2560        CALL EDMIT(M,N,C)
2570C
2580C       INITIALISATION
2590C
2600        DO 10 I=1,M
2610        LC(I)=0
2620     10 CONTINUE
2630        DO 20 J=1,N
2640        MC(J)=0
2650     20 CONTINUE
2660        DO 30 I=1,M
2670        DO 30 J=1,N
2680        X(I,J)=0
2690     30 CONTINUE
2700        CARD=0
2710C
```

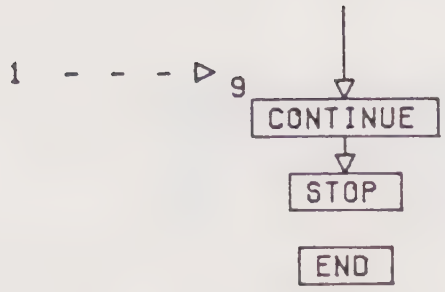
```
C        [illegible]
C
    1000 CONTINUE
C
C        MARQUAGE INITIAL=ON MARQUE PAR 0 LES LIGNES NON COUVERTES
C        ET PAR MOINS L'INFINI LES LIGNES ET LES COLONNES COUVERTES
C
         DO 100 I=1,M
         PL(I)=0
         ML(I)=0
         IF(LC(I).EQ.1)PL(I)=ZM
     100 CONTINUE
         DO 110 J=1,N
         PK(J)=ZM
         MK(J)=0
     110 CONTINUE
C
C        RECHERCHE D'UN PLUS LONG CHEMIN ENTRE SOURCE ET PUITS
C        DANS LE GRAPHE D'ECART (BIPARTI)
C
    1100 MODIF=.FALSE.
         DO 200 I=1,M
         DO 200 J=1,N
         IF(C(I,J).EQ.0)GOTO200
         IF(X(I,J).EQ.0)GOTO210
         IF(X(I,J).EQ.1)GOTO220
     210 CC=PL(I)+C(I,J)
         IF(CC.LE.PK(J))GOTO200
         PK(J)=CC
         MK(J)=I
         MODIF=.TRUE.
         GOTO 200
     220 CC=PK(J)-C(I,J)
         IF(CC.LE.PL(I))GOTO200
         PL(I)=CC
         ML(I)=J
         MODIF=.TRUE.
         GOTO 200
     200 CONTINUE
C
C        ON REITERE TANT QUE LES MARQUES NE SONT PAS STABILISEES
C
         IF(MODIF)GOTO1100
C
C        ON A MAINTENANT TROUVE UN PLUS LONG CHEMIN
C        RECHERCHE DU MAXIMUM DES MARQUES SUR LES COLONNES
C        NON COUVERTES
C
         PMAX=ZM
         DO 300 J=1,N
         IF(KC(J).EQ.1)GOTO300
         IF(PK(J).LE.PMAX)GOTO300
         PMAX=PK(J)
         JMAX=J
     300 CONTINUE
         IF(PMAX.LE.-1E7)GOTO999
C
C        CHANGEMENT DE COUPLAGE LE LONG DU PLUS LONG CHEMIN TROUVE
C
         II=MK(JMAX)
         X(II,JMAX)=1
     400 IF(ML(II).EQ.0)GOTO500
         JJ=ML(II)
         X(II,JJ)=X(II,JJ)-1
         II1=MK(JJ)
         X(II1,JJ)=X(II1,JJ)+1
         II=II1
         GOTO 400
     500 LC(II)=1
         KC(JMAX)=1
         CARD=CARD+1
         GOTO 1000
C
     999 DO 1 I=1,M
         DO 1 J=1,N
         X(I,J)=C(I,J)*X(I,J)
       1 CONTINUE
         RETURN
         END
```

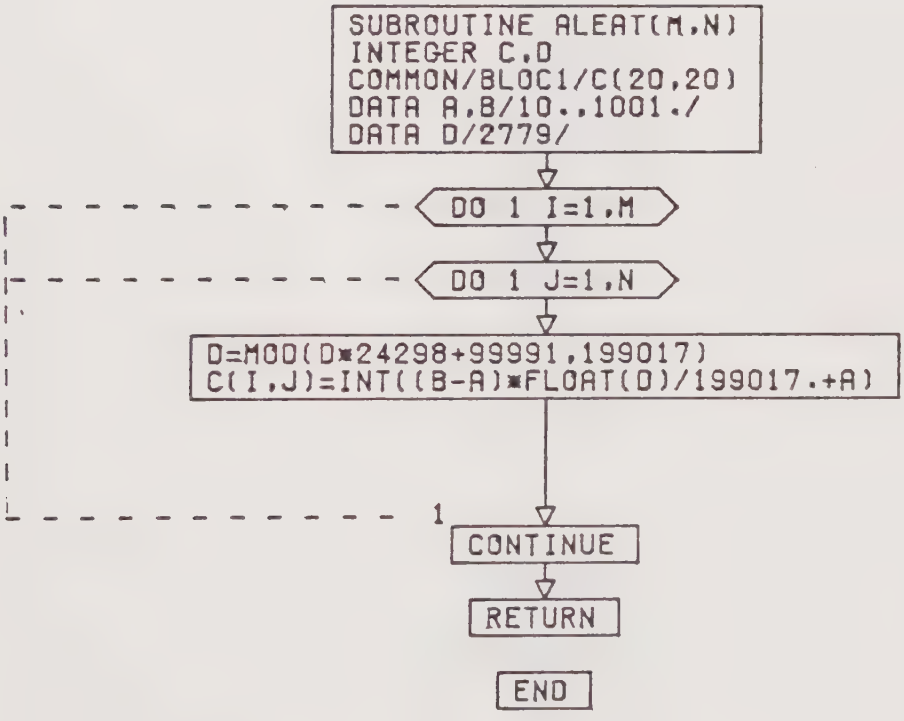

C**********
C*
C* PROGRAMME D'ESSAI D'AFFECTATION
C*
C* - MAXSUM -
C*
C* ECRIT PAR E.BRANDT & M.MINOUX
C*
C**********
IMPLICIT INTEGER (A-Z)
COMMON/BLOC1/C(20,20)
COMMON/BLOC2/X(20,20)
DATA IN,IO/5,6/
DATA M,N/5,5/
DO 9 KK=1,20
3
C TIRAGE ALEATOIRE D'UNE MATRICE C
CALL ALEAT(M,N)
WRITE(IO,104)M,N
104
FORMAT(//,9X,"MATRICE C DE DIMENSION=",I4," X",I3)
CALL ECRIT(M,N,C)
C CALCUL DE LA VALEUR DU RANG CRITIQUE
CALL CRITIC(M,N,SC)
TOT=0
C RECHERCHE D'UNE AFFECTATION
A1
2
5
CALL MATCH(M,N)
C RECHERCHE DU PLUS GRAND ELEMENT DANS LA MATRICE X

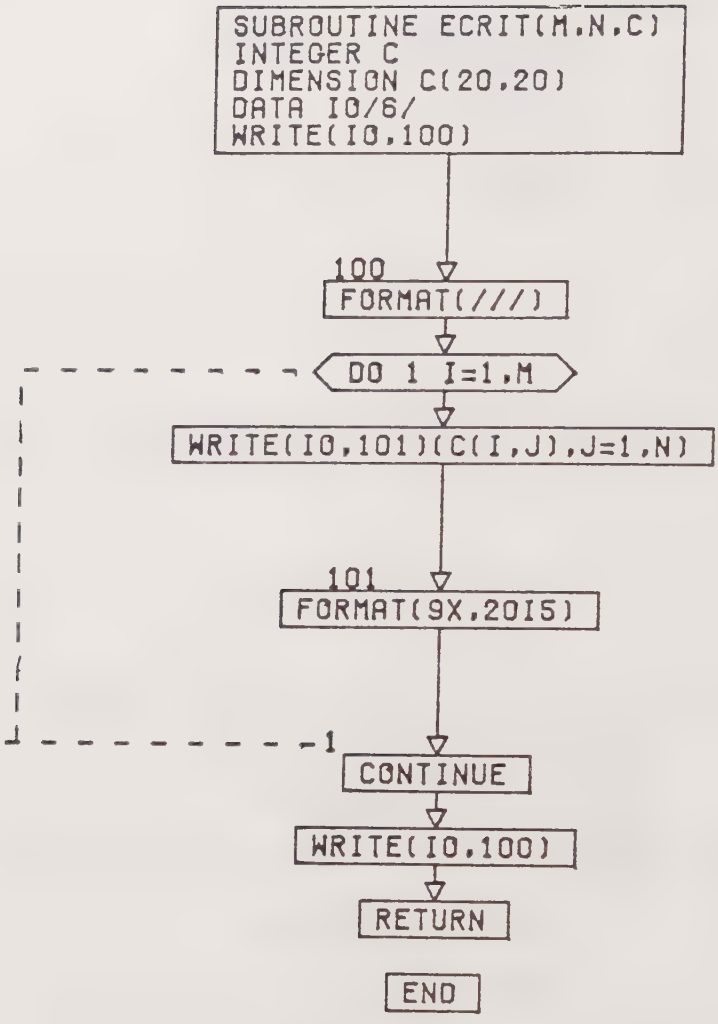
CONT. PG 2

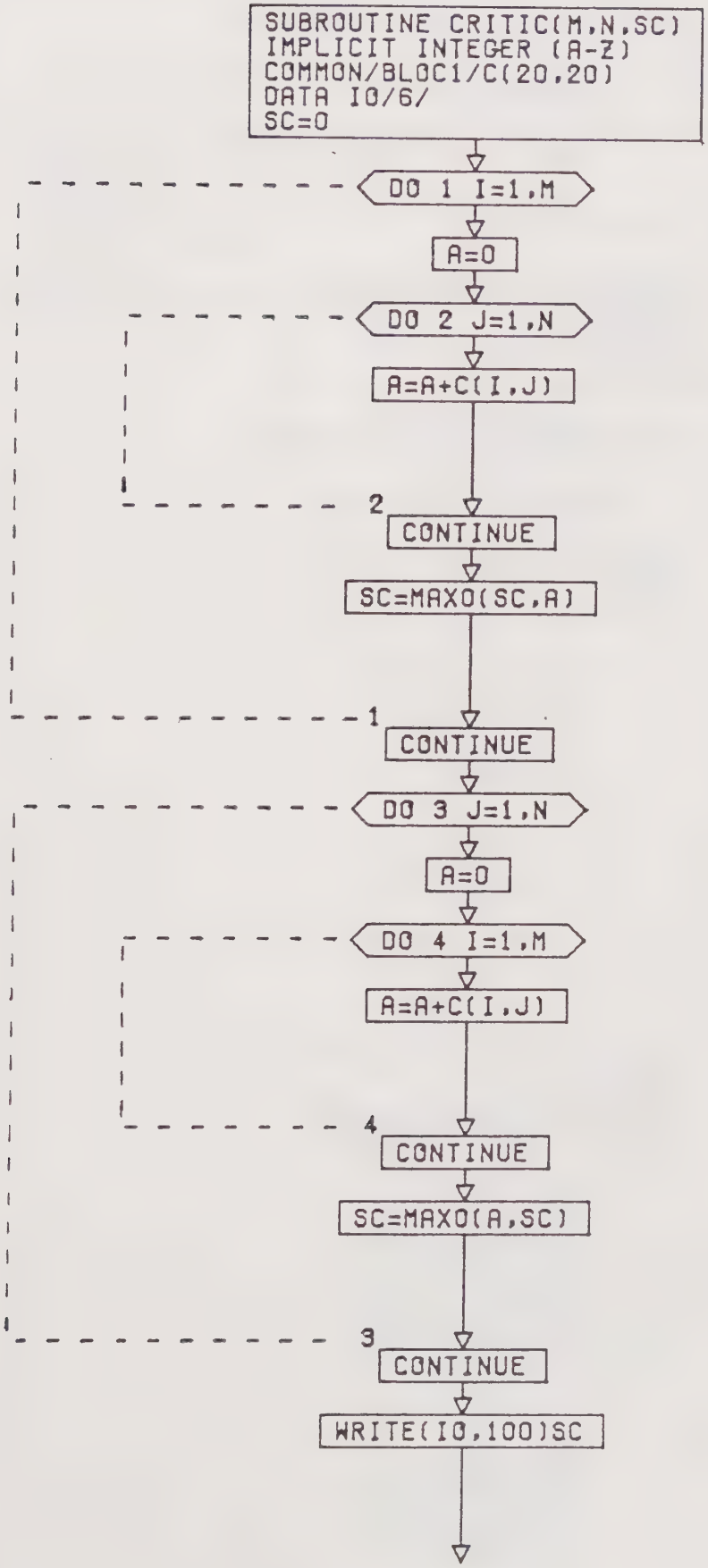

CALL SUP(M,N,MAX)
IF(MAX.EQ.0)
F
T
GOTO6
C ECRITURE DE LA MATRICE D'AFFECTATION
CALL ECRIT(M,N,X)
C CALCUL DE LA LONGUEUR DE LA TRAME COMPLETE
TOT=TOT+MAX
C ON ENLEVE A LA MATRICE C LES ELEMENTS AFFECTES
CALL SUB(M,N)
GOTO5
1
A1
6
WRITE(IO,103)TOT
103
FORMAT(//,9X,"TOTAL TRAME",I5)
R=100*SC/TOT
WRITE(IO,105)R
105
FORMAT(//,9X,"RENDEMENT D'AFFECTATION",I5," %")

CONT. PG 3

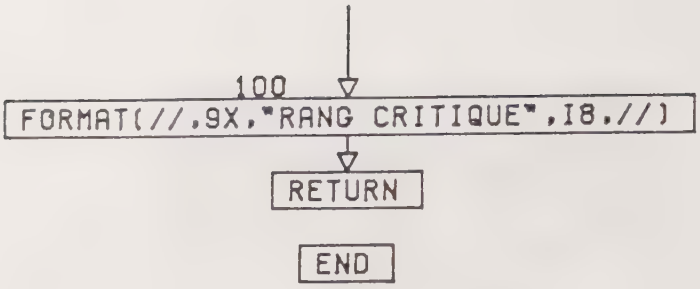

1
9
CONTINUE
STOP
END

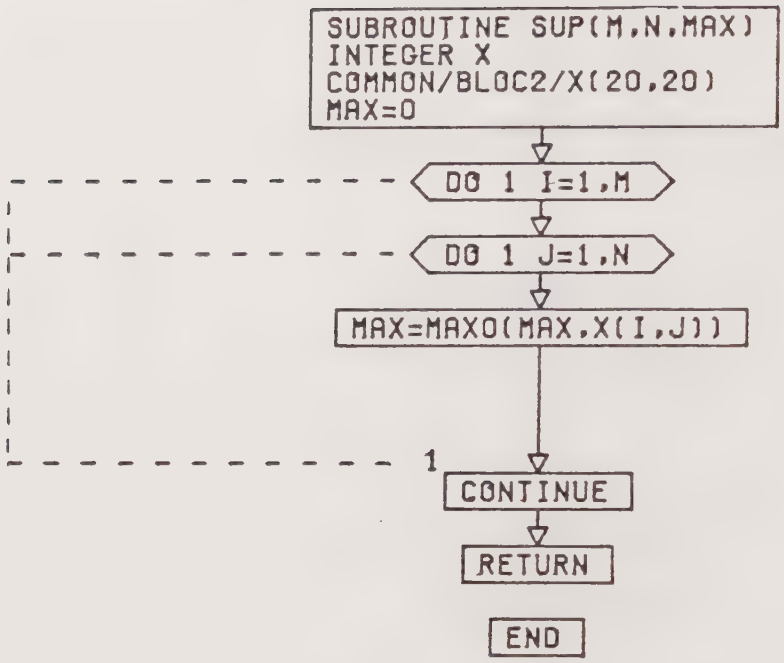

SUBROUTINE ALEAT(M,N)
INTEGER C,D
COMMON/BLOC1/C(20,20)
DATA A,B/10.,1001./
DATA D/2779/
DO 1 I=1,M
DO 1 J=1,N
D=MOD(D*24298+99991,199017)
C(I,J)=INT((B-A)*FLOAT(D)/199017.+A)
1
CONTINUE
RETURN
END

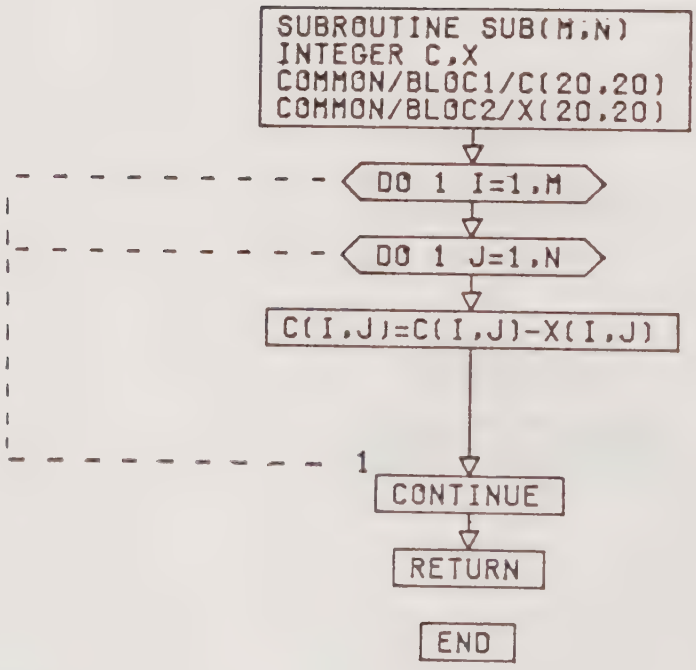

SUBROUTINE ECRIT(M,N,C)
INTEGER C
DIMENSION C(20,20)
DATA IO/6/
WRITE(IO,100)
100
FORMAT(///)
DO 1 I=1,M
WRITE(IO,101)(C(I,J),J=1,N)
101
FORMAT(9X,20I5)
1
CONTINUE
WRITE(IO,100)
RETURN
END

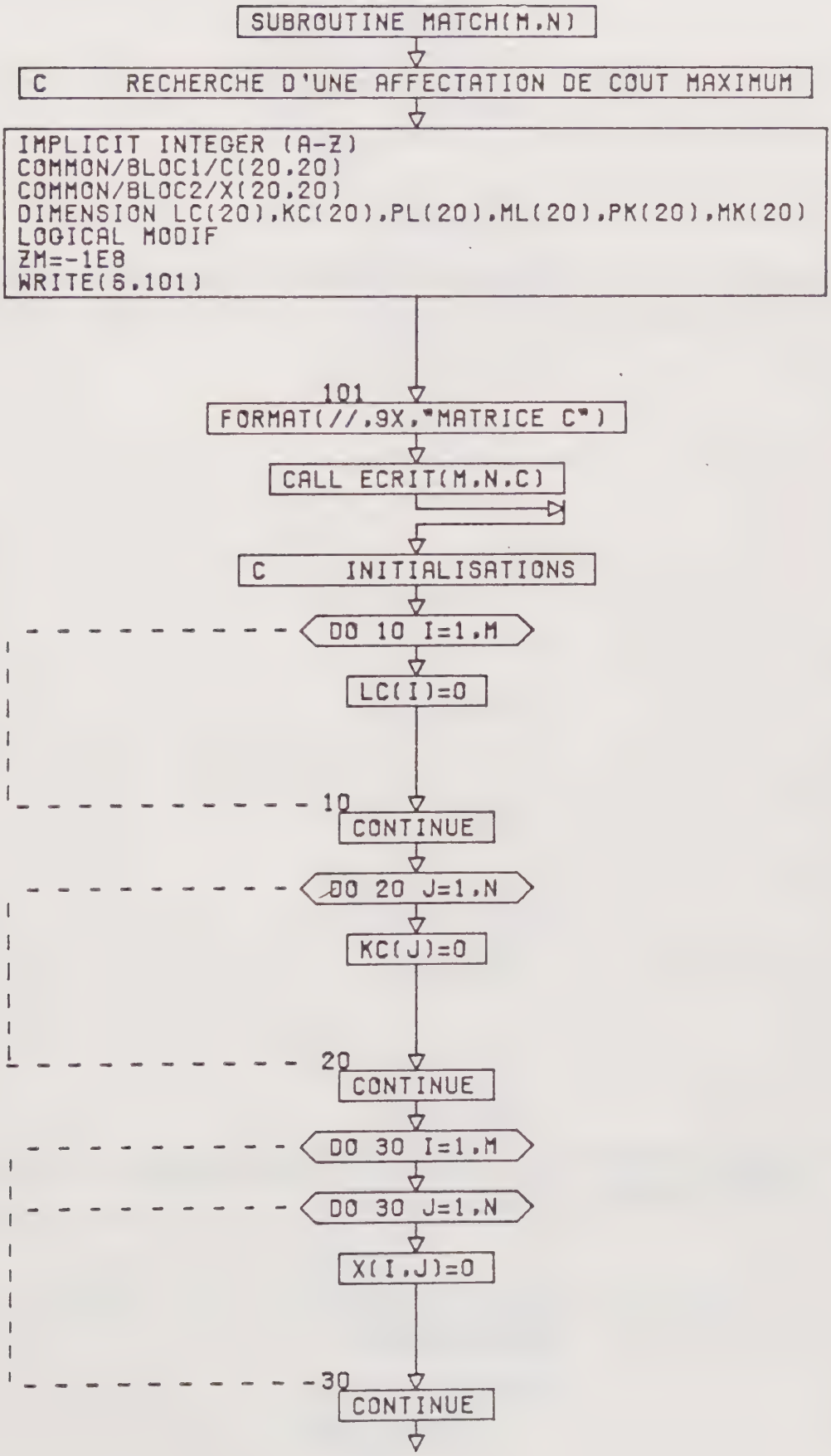

SUBROUTINE CRITIC(M,N,SC)
IMPLICIT INTEGER (A-Z)
COMMON/BLOC1/C(20,20)
DATA IO/6/
SC=0
DO 1 I=1,M
A=0
DO 2 J=1,N
A=A+C(I,J)
2
CONTINUE
SC=MAXO(SC,A)
1
CONTINUE
DO 3 J=1,N
A=0
DO 4 I=1,M
A=A+C(I,J)
4
CONTINUE
SC=MAXO(A,SC)
3
CONTINUE
WRITE(IO,100)SC

CONT. PG 2

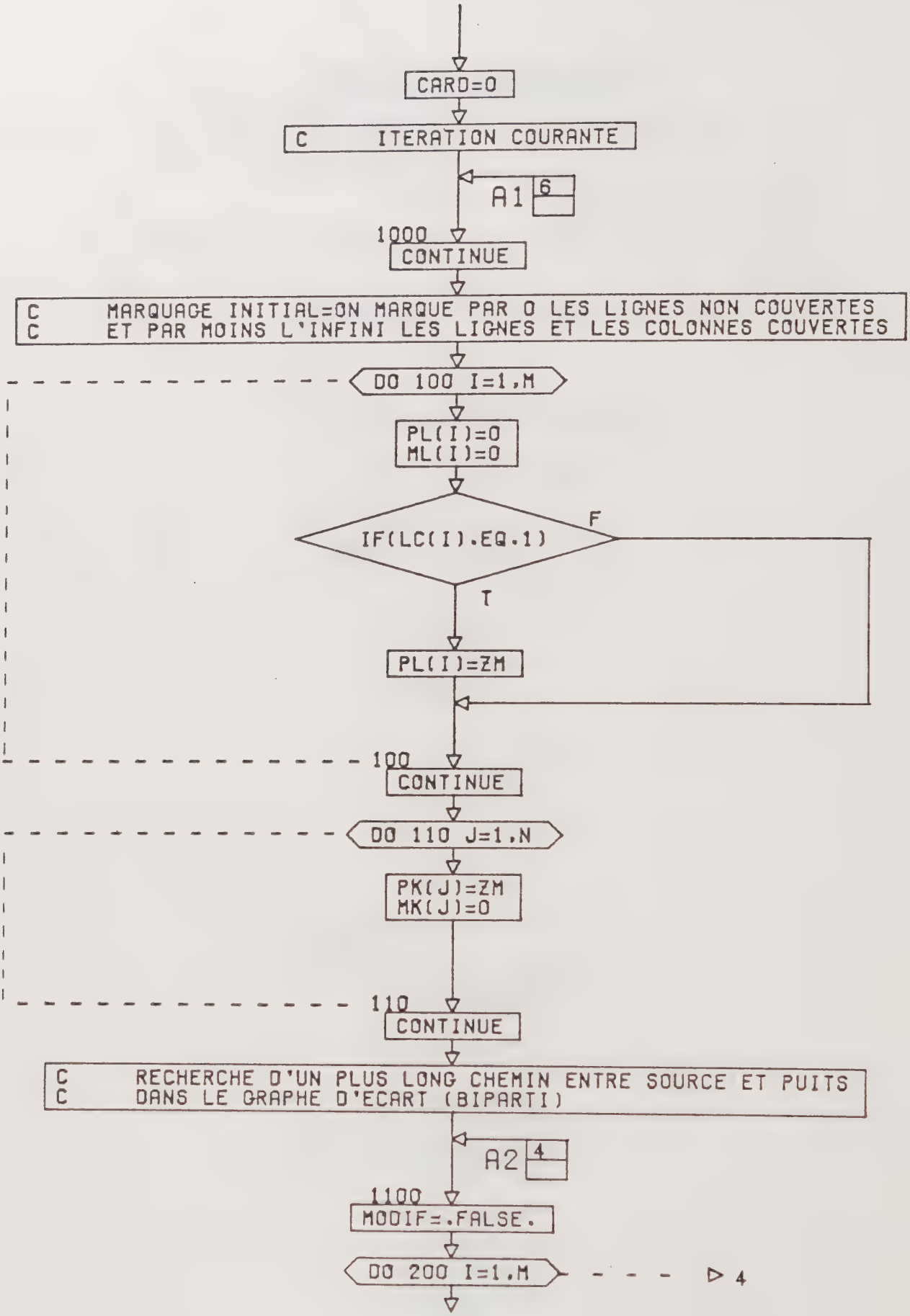

100
FORMAT(//,9X,"RANG CRITIQUE",I8,//)
RETURN
END


SUBROUTINE SUP(M,N,MAX)
INTEGER X
COMMON/BLOC2/X(20,20)
MAX=0
DO 1 I=1,M
DO 1 J=1,N
MAX=MAXO(MAX,X(I,J))
1
CONTINUE
RETURN
END

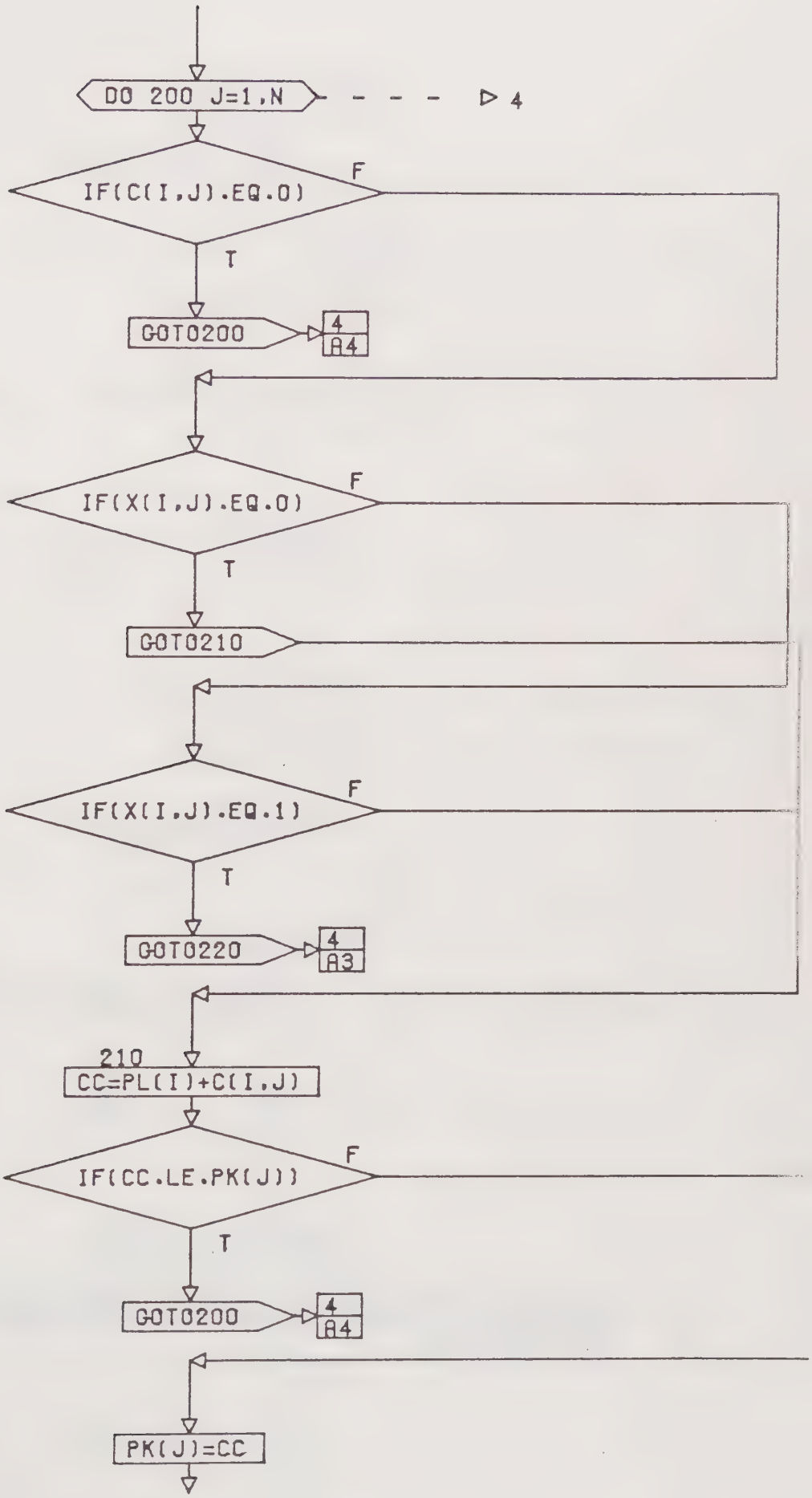

SUBROUTINE SUB(M,N)
INTEGER C,X
COMMON/BLOC1/C(20,20)
COMMON/BLOC2/X(20,20)
DO 1 I=1,M
DO 1 J=1,N
C(I,J)=C(I,J)-X(I,J)
1
CONTINUE
RETURN
END


SUBROUTINE MATCH(M,N)
C RECHERCHE D'UNE AFFECTATION DE COUT MAXIMUM
IMPLICIT INTEGER (A-Z)
COMMON/BLOC1/C(20,20)
COMMON/BLOC2/X(20,20)
DIMENSION LC(20),KC(20),PL(20),ML(20),PK(20),MK(20)
LOGICAL MODIF
ZM=-1E8
WRITE(6,101)
101
FORMAT(//,9X,"MATRICE C")
CALL ECRIT(M,N,C)
C INITIALISATIONS
DO 10 I=1,M
LC(I)=0
10
CONTINUE
DO 20 J=1,N
KC(J)=0
20
CONTINUE
DO 30 I=1,M
DO 30 J=1,N
X(I,J)=0
30
CONTINUE

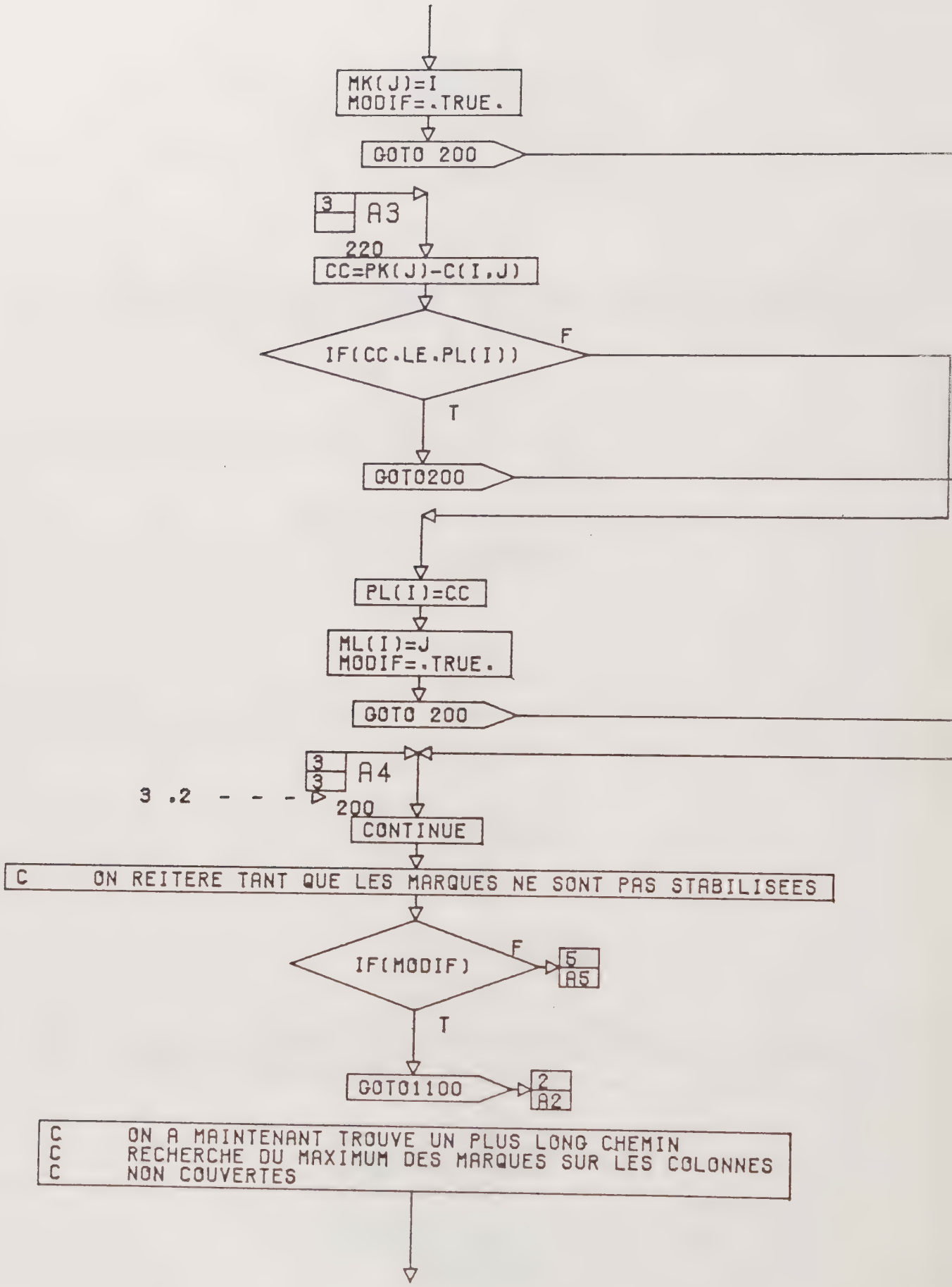
CONT. PG 2


CARD=0
C ITERATION COURANTE
A1 6
1000 CONTINUE
C MARQUAGE INITIAL=ON MARQUE PAR 0 LES LIGNES NON COUVERTES
C ET PAR MOINS L'INFINI LES LIGNES ET LES COLONNES COUVERTES
DO 100 I=1,M
PL(I)=0
ML(I)=0
IF(LC(I).EQ.1)
F
T
PL(I)=ZM
100 CONTINUE
DO 110 J=1,N
PK(J)=ZM
MK(J)=0
110 CONTINUE
C RECHERCHE D'UN PLUS LONG CHEMIN ENTRE SOURCE ET PUITS
C DANS LE GRAPHE D'ECART (BIPARTI)
A2 4
1100 MODIF=.FALSE.
DO 200 I=1,M
▷ 4

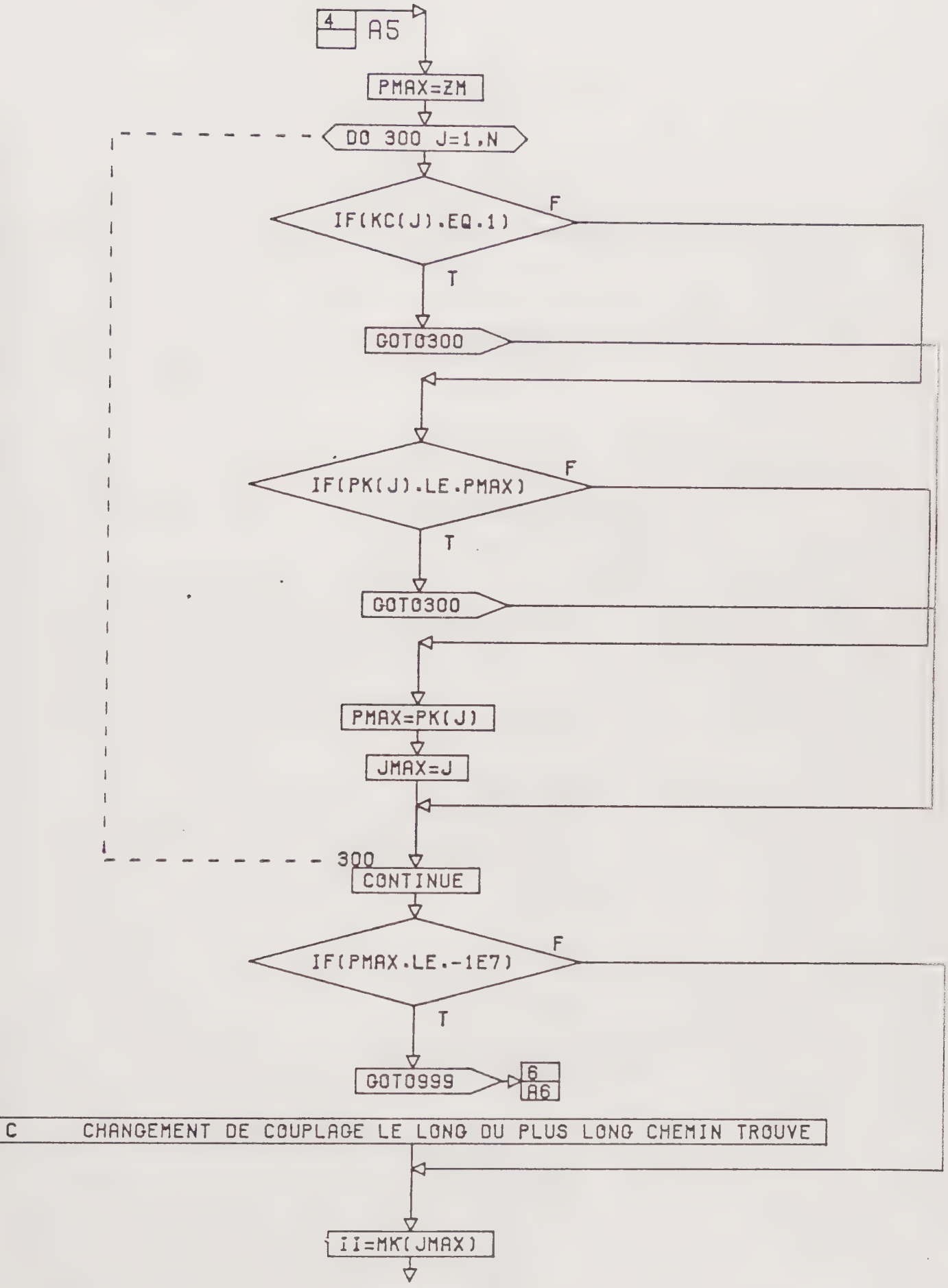
CONT. PG 3


DO 200 J=1,N
▷ 4
IF(C(I,J).EQ.0)
F
T
GOTO200
4
A4
IF(X(I,J).EQ.0)
F
T
GOTO210
IF(X(I,J).EQ.1)
F
T
GOTO220
4
A3
210
CC=PL(I)+C(I,J)
IF(CC.LE.PK(J))
F
T
GOTO200
4
A4
PK(J)=CC

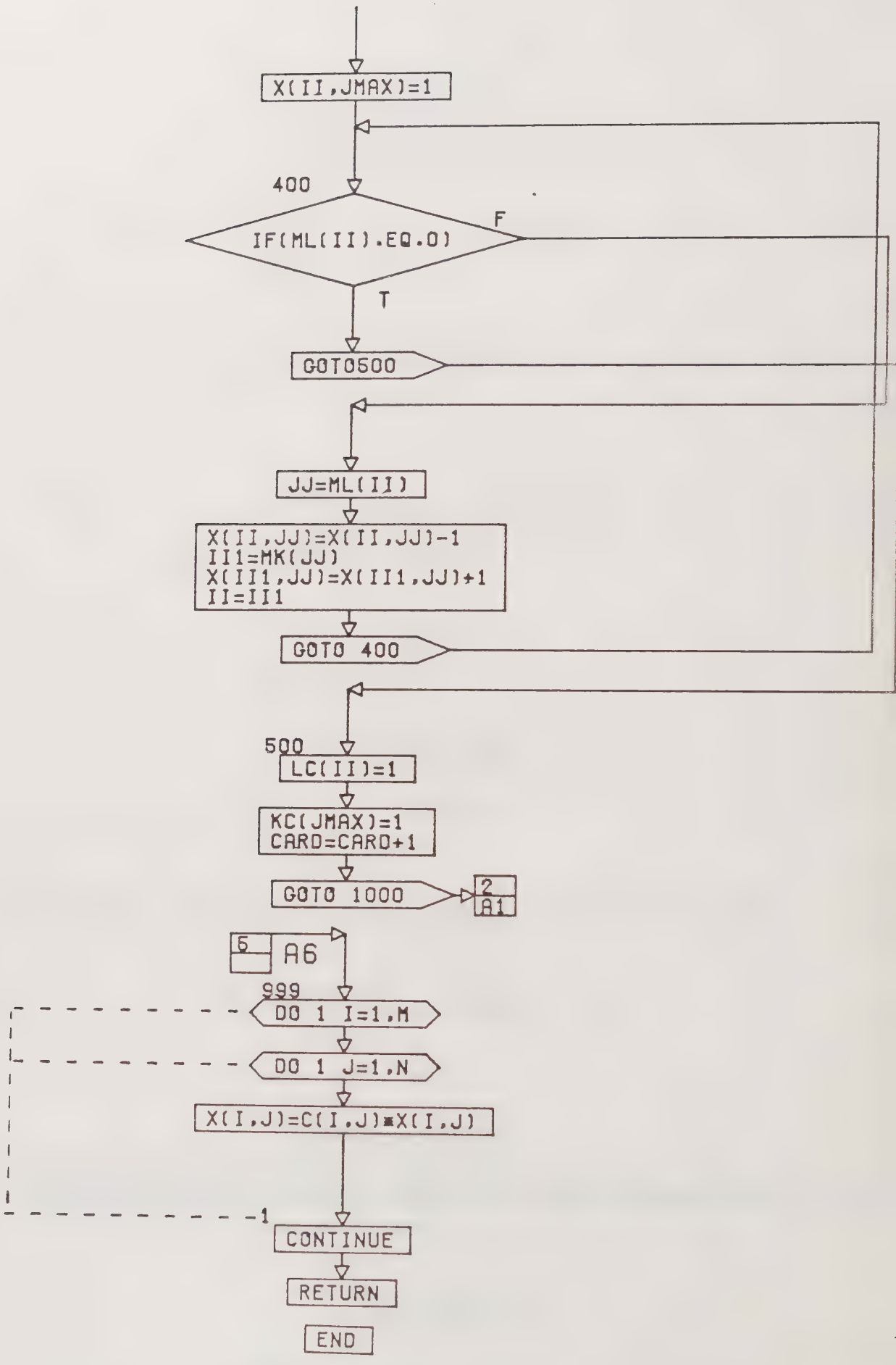
CONT. PG 4


MK(J)=I
MODIF=.TRUE.
GOTO 200
3
A3
220
CC=PK(J)-C(I,J)
IF(CC.LE.PL(I))
F
T
GOTO200
PL(I)=CC
ML(I)=J
MODIF=.TRUE.
GOTO 200
3
3
A4
3 .2 - - - -
200
CONTINUE
C ON REITERE TANT QUE LES MARQUES NE SONT PAS STABILISEES
IF(MODIF)
F
5
A5
T
GOTO1100
2
A2
C ON A MAINTENANT TROUVE UN PLUS LONG CHEMIN
C RECHERCHE DU MAXIMUM DES MARQUES SUR LES COLONNES
C NON COUVERTES

CONT. PG 5


4
A5
PMAX=ZM
DO 300 J=1,N
IF(KC(J).EQ.1)
F
T
GOTO300
IF(PK(J).LE.PMAX)
F
T
GOTO300
PMAX=PK(J)
JMAX=J
300
CONTINUE
IF(PMAX.LE.-1E7)
F
T
GOTO999
6
A6
C CHANGEMENT DE COUPLAGE LE LONG DU PLUS LONG CHEMIN TROUVE
II=MK(JMAX)

CONT. PG 6


X(II,JMAX)=1
400
IF(ML(II).EQ.0)
F
T
GOTO500
JJ=ML(II)
X(II,JJ)=X(II,JJ)-1
II1=MK(JJ)
X(II1,JJ)=X(II1,JJ)+1
II=II1
GOTO 400
500
LC(II)=1
KC(JMAX)=1
CARD=CARD+1
GOTO 1000
2
A1
5
A6
999
DO 1 I=1,M
DO 1 J=1,N
X(I,J)=C(I,J)*X(I,J)
1
CONTINUE
RETURN
END

CONT. PG 7

C. Algorithme MAXSUP

L'idée de base de cette heuristique est à chaque étape de la décomposition de T, de commencer par fixer la taille de la tranche en imposant le choix du plus grand élément de T. Une fois la taille de cette tranche d'emploi du temps fixée, on souhaite réduire l'espace perdu et on applique alors sur les éléments restants dans T une heuristique MAXSUM.

Bien que, à première vue, l'heuristique MAXSUP semble plus séduisante, elle s'est avérée légèrement moins performante que l'heuristique MAXSUM appliquée seule.

L'exemple présenté ci-après pour illustrer cette heuristique MAXSUP, est le même que celui qui a été utilisé pour les deux heuristiques précédentes. A chaque étape de la décomposition de T en matrices de mode, l'élément le plus grand restant dans la matrice C est signalé par "xxx".

Après la décomposition en matrice de mode, on trouvera l'emploi du temps correspondant.

Matrice de trafic T

437	538	311	410	336	2632
68	847	194	94	539	1742
554	107	254	865	218	1998
765	576	537	860	129	2867
184	319	954	258	303	2618
2008	2387	2850	2487	2125	

ALGORITHME MAXSUP

A droite de la matrice figure la somme des éléments suivant les lignes et en-dessous la somme des éléments suivant les colonnes.

La ligne critique est la quatrième et le plus grand élément de T est $\tau_{4,3}$ (954).

Matrice de mode 1

				336
	847			
			865	
765				
		954		

Matrice C

437	538	***	410	
68		194	94	539
554	107	254		218
	576	537	860	129
184	319		258	303

Matrice de mode 2

		311		
				539
554				
			860	
	319			

Matrice C

437	538		410	
68		194	94	
	107	254		218
	576	537		129
184			258	***

Matrice de mode 3

437				
			94	
		254		
	576			
				303

Matrice C

	***		410	
68		194		
	107			218
		537		129
184			258	

Matrice de mode 4

	538			
68				
				218
		537		
			258	

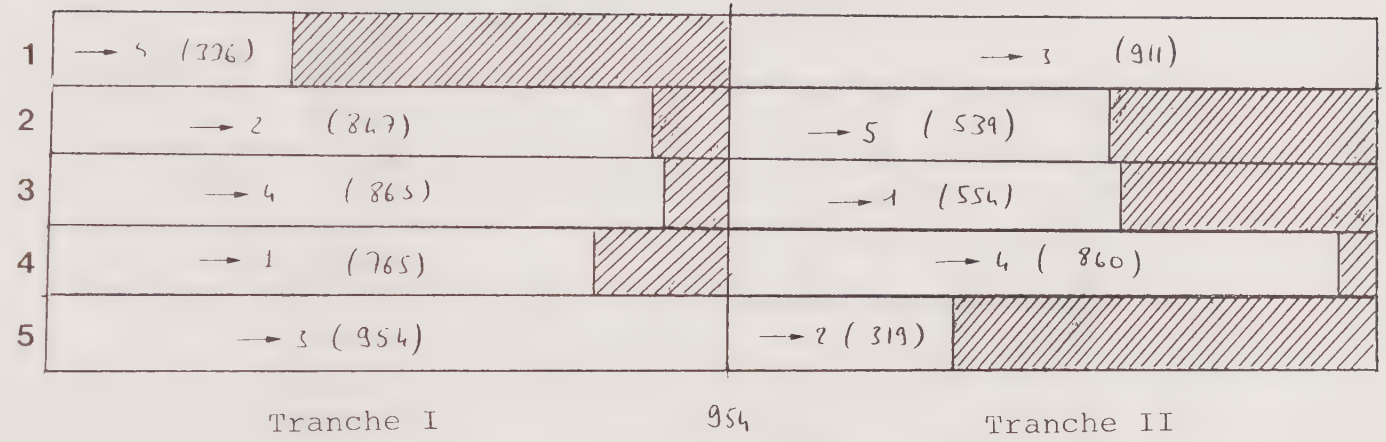
Matrice C

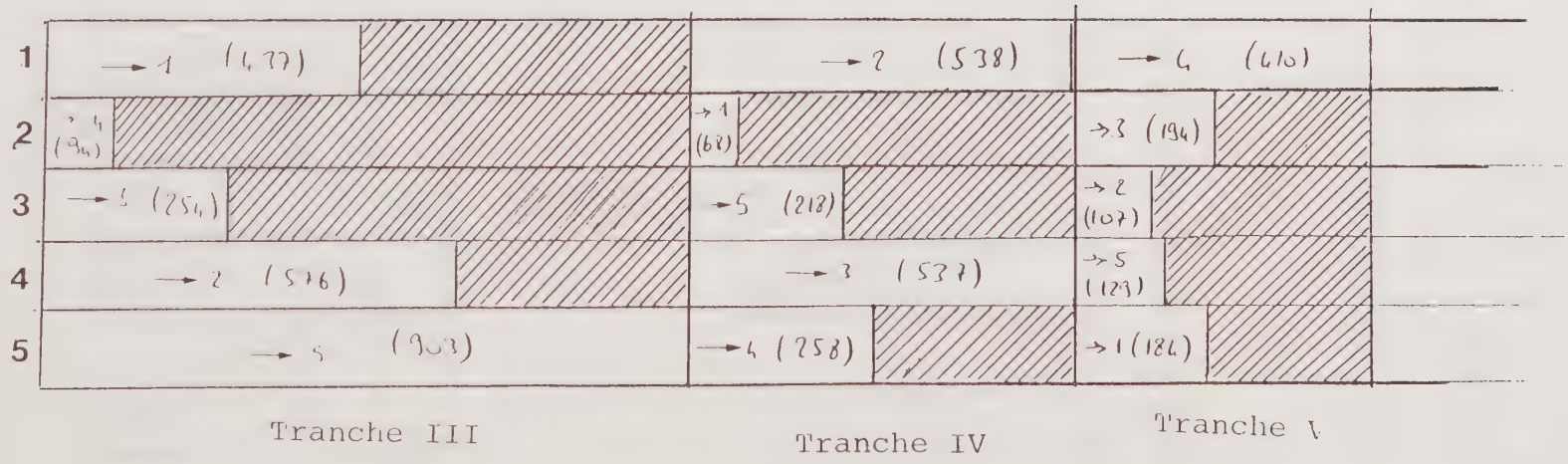
			***	
		194		
	107			
				129
184				

Matrice de mode 5

			410	
		194		
	107			
				129
134				

La durée totale de l'emploi du temps obtenu est 3716 unités et le rendement d'affectation de 77%.





PLAN DE CHARGE OBTENU AVEC MAXSUP

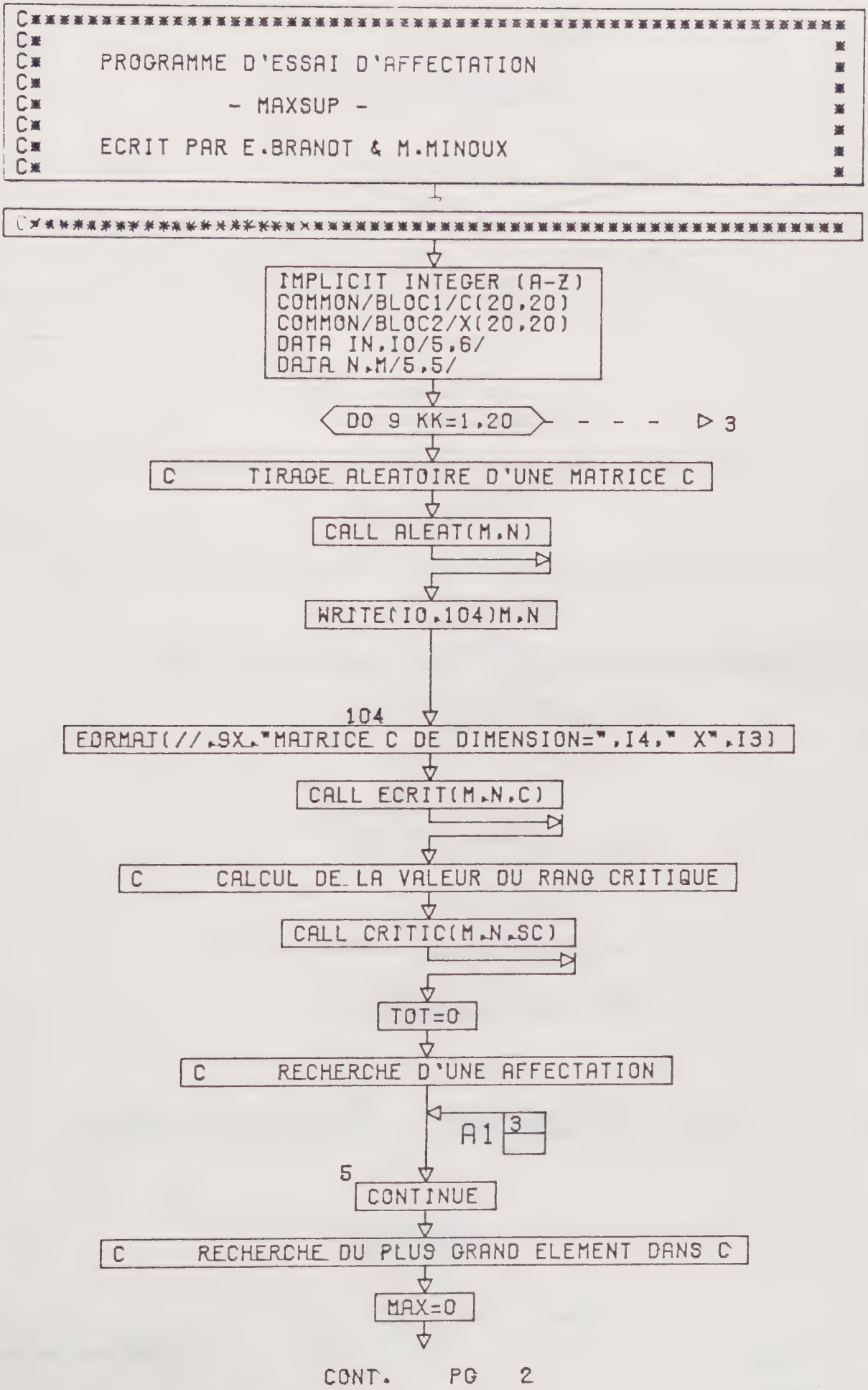
M A X S U P

Listing et algorithme du programme

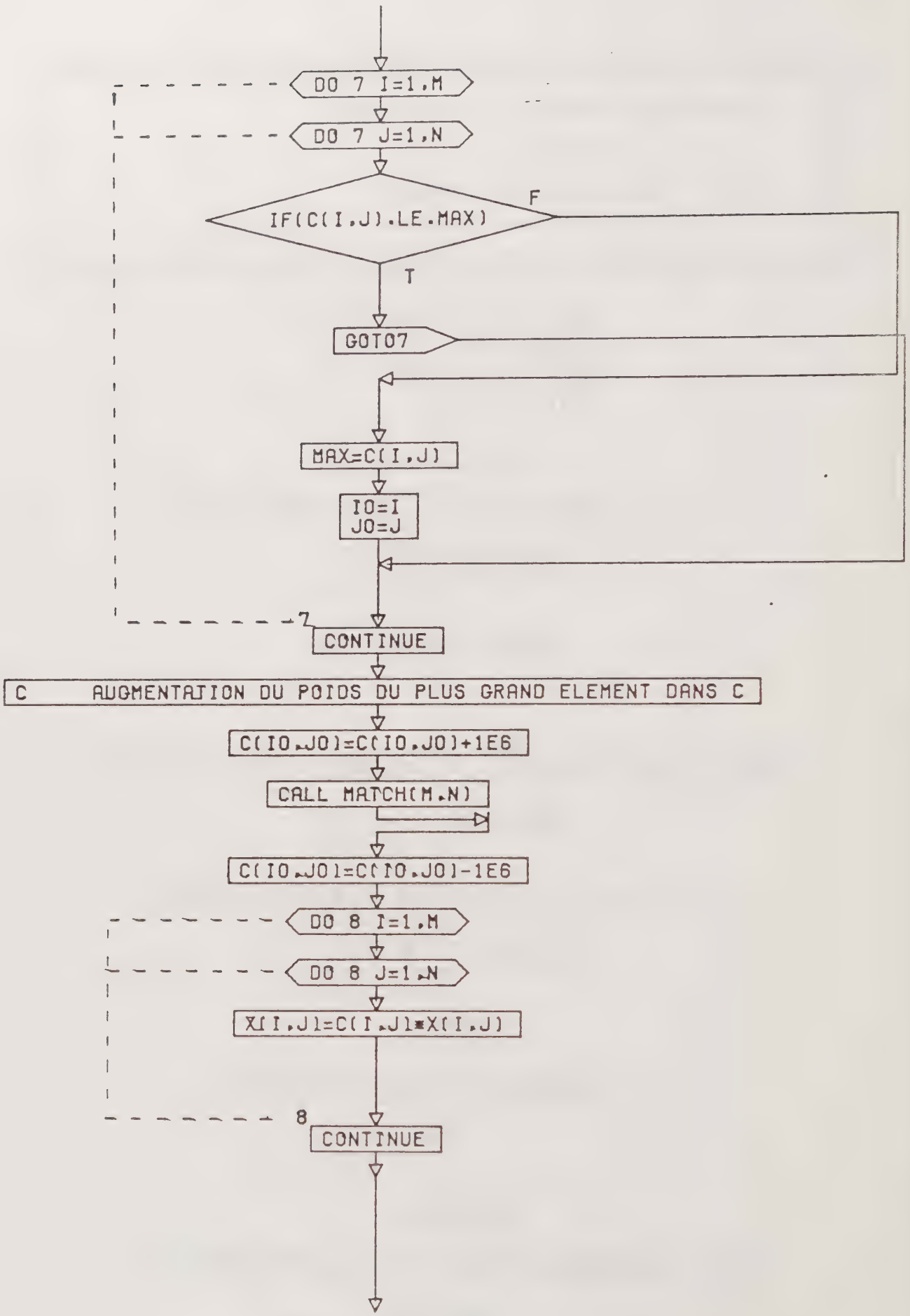
```
C*************************************************************************
C*                                                                       *
C*      PROGRAMME D'ESSAI D'AFFECTATION                                  *
C*                                                                       *
C*                    - MAXSUP -                                         *
C*                                                                       *
C*      ECRIT PAR E.GRANDT . . . .                                       *
C*                                                                       *
C*************************************************************************
C
      IMPLICIT INTEGER (A-Z)
      COMMON/BLOC1/C(20,20)
      COMMON/BLOC2/X(20,20)
      DATA IN,IO/5,6/
      DATA M,N/5,5/
C
      DO 9 KK=1,20
C
C     TIRAGE ALEATOIRE D'UNE MATRICE C
      CALL ALEAT(M,N)
C
      WRITE(IO,104)M,N
  104 FORMAT(//,9X,"MATRICE C DE DIMENSION=",I4," X",I3)
      CALL ECRIT(M,N,C)
C
C     CALCUL DE LA VALEUR DU RANG CRITIQUE
      CALL CRITIC(M,N,SC)
C
      TOT=0
C     RECHERCHE D'UNE AFFECTATION
    5 CONTINUE
C     RECHERCHE DU PLUS GRAND ELEMENT DANS C
      MAX=0
      DO 7 I=1,M
      DO 7 J=1,N
      IF(C(I,J).LE.MAX)GOTO7
      MAX=C(I,J)
      IO=I
      JO=J
    7 CONTINUE
C     AUGMENTATION DU POIDS DU PLUS GRAND ELEMENT DANS C
      C(IO,JO)=C(IO,JO)+1E6
      CALL MATCH(M,N)
      C(IO,JO)=C(IO,JO)-1E6
      DO 8 I=1,M
      DO 8 J=1,N
      X(I,J)=C(I,J)*X(I,J)
    8 CONTINUE
C
      IF(MAX.EQ.0)GOTO6
C     ECRITURE DE LA MATRICE D'AFFECTATION
      CALL ECRIT(M,N,X)
C     CALCUL DE LA LONGUEUR DE LA TRAME COMPLETE
      TOT=TOT+MAX
C     ON ENLEVE A LA MATRICE C LES ELEMENTS AFFECTES
      CALL SUP(M,N)
      GOTO5
C
    6 WRITE(IO,103)TOT
  103 FORMAT(//,9X,"TOTAL TRAME",I5)
C
      R=100*SC/TOT
      WRITE(IO,105)R
  105 FORMAT(//,9X,"RENDEMENT D'AFFECTATION",I5," %")
C
    9 CONTINUE
C
      STOP
      END
      SUBROUTINE ALEAT(M,N)
      INTEGER C,D
      COMMON/BLOC1/C(20,20)
      DATA A,B/10.,1001./
      DATA D/2779/
C
      DO 1 I=1,M
      DO 1 J=1,N
      D=MOD(D*24298+99991,199017)
      C(I,J)=INT((B-A)*FLOAT(D)/199017.+A)
    1 CONTINUE
C
      RETURN
      END
```

```
1840       INTEGER C
1850       DIMENSION C(20,20)
1860       DATA IO/6/
1870C
1880       WRITE(IO,100)
1890   100 FORMAT(///)
1900C
1910       DO 1 I=1,M
1920       WRITE(IO,101)(C(I,J),J=1,N)
1930   101 FORMAT(9X,20I5)
1940     1 CONTINUE
1950C
1960       WRITE(IO,100)
1970       RETURN
1980       END
1990       SUBROUTINE CRITIC(M,N,SC)
2000       IMPLICIT INTEGER (A-Z)
2010       COMMON/BLOC1/C(20,20)
2020       DATA IO/6/
2030       SC=0
2040C
2050       DO 1 I=1,M
2060       A=0
2070       DO 2 J=1,N
2080       A=A+C(I,J)
2090     2 CONTINUE
2100       SC=MAXO(SC,A)
2110     1 CONTINUE
2120       DO 3 J=1,N
2130       A=0
2140       DO 4 I=1,M
2150       A=A+C(I,J)
2160     4 CONTINUE
2170       SC=MAXO(A,SC)
2180     3 CONTINUE
2190       WRITE(IO,100)SC
2200   100 FORMAT(///,9X,"RANG CRITIGUE",I8,//)
2210C
2220       RETURN
2230       END
2240       SUBROUTINE SUB(M,N)
2250       INTEGER C,X
2260       COMMON/BLOC1/C(20,20)
2270       COMMON/BLOC2/X(20,20)
2280C
2290       DO 1 I=1,M
2300       DO 1 J=1,N
2310       C(I,J)=C(I,J)-X(I,J)
2320     1 CONTINUE
2330C
2340       RETURN
2350       END
2360       SUBROUTINE MATCH(M,N)
2370C
2380C      RECHERCHE D'UNE AFFECTATION DE COUT MAXIMUM
2390C
2400       IMPLICIT INTEGER (A-Z)
2410       COMMON/BLOC1/C(20,20)
2420       COMMON/BLOC2/X(20,20)
2430       DIMENSION LC(20),KC(20),PL(20),ML(20),PK(20),MK(20)
2440       LOGICAL MODIF
2450C
2460       ZM=-1E8
2470C
2480       WRITE(6,101)
2490   101 FORMAT(///,9X,"MATRICE C")
2500       CALL ECRIT(M,N,C)
2510C
2520C      INITIALISATIONS
2530C
2540       DO 10 I=1,M
2550       LC(I)=0
2560    10 CONTINUE
2570       DO 20 J=1,N
2580       KC(J)=0
2590    20 CONTINUE
2600       DO 30 I=1,M
2610       DO 30 J=1,N
2620       X(I,J)=0
2630    30 CONTINUE
2640       CARD=0
2650C
2660C      ITERATION COURANTE
2670C
```

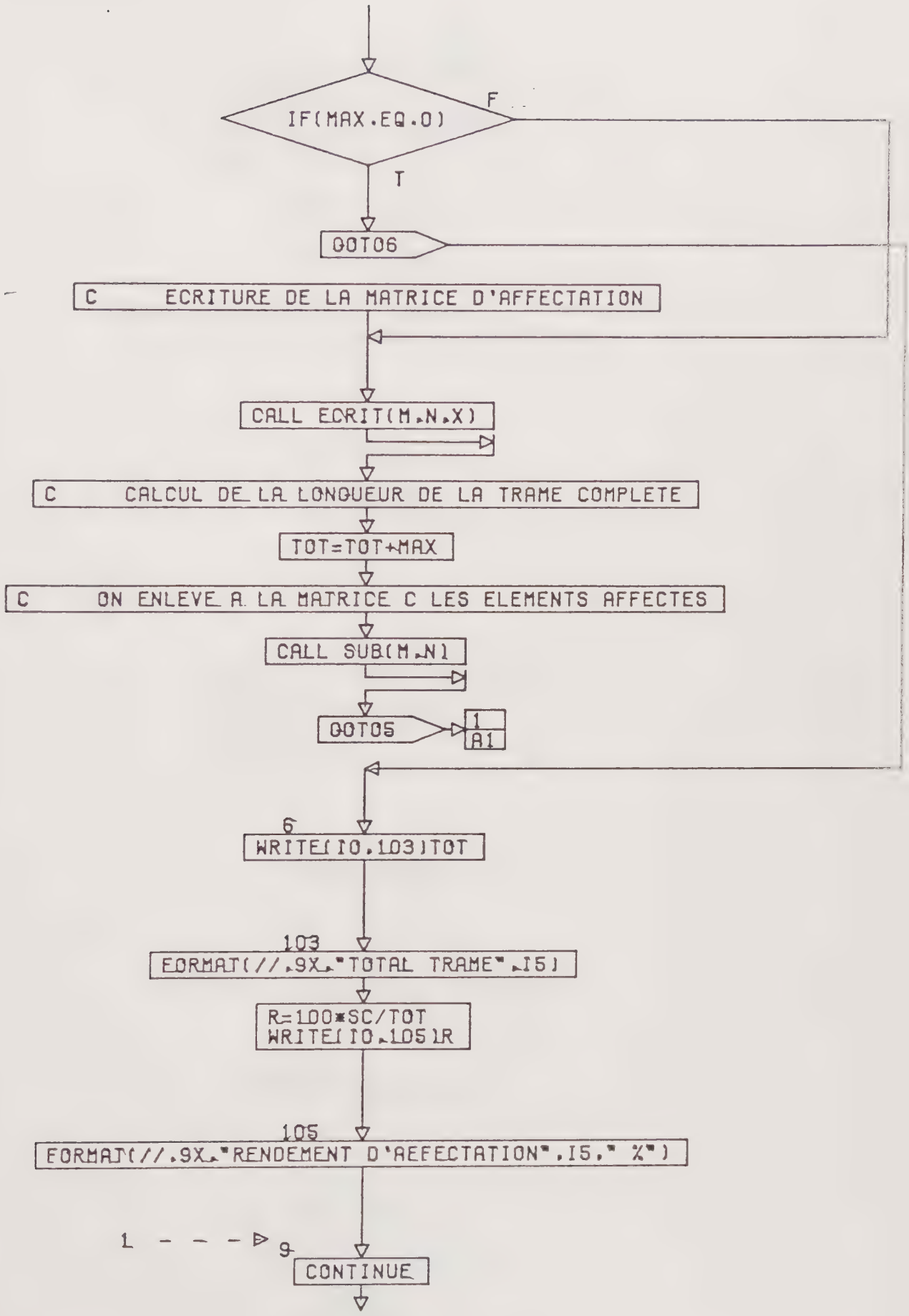
```
C
C      ITERATION COURANTE
C
 1000 CONTINUE
C
C      MARQUAGE INITIAL=ON MARQUE PAR  LES LIGNES NON COUVERTES
C      ET PAR MOINS L'INFINI LES LIGNES ET LES COLONNES COUVERTES
C
       DO 100 I=1,M
       PL(I)=0
       ML(I)=0
       IF(LC(I).EQ.1)PL(I)=ZM
  100 CONTINUE
       DO 110 J=1,N
       PK(J)=ZM
       MK(J)=0
  110 CONTINUE
C
C      RECHERCHE D'UN PLUS LONG CHEMIN ENTRE SOURCE ET PUITS
C      DANS LE GRAPHE D'ECART (BIPARTI)
C
 1100 MODIF=.FALSE.
       DO 200 I=1,M
       DO 200 J=1,N
       IF(C(I,J).EQ.0)GOTO200
       IF(X(I,J).EQ.0)GOTO210
       IF(X(I,J).EQ.1)GOTO220
  210 CC=PL(I)+C(I,J)
       IF(CC.LE.PK(J))GOTO200
       PK(J)=CC
       MK(J)=I
       MODIF=.TRUE.
       GOTO 200
  220 CC=PK(J)-C(I,J)
       IF(CC.LE.PL(I))GOTO200
       PL(I)=CC
       ML(I)=J
       MODIF=.TRUE.
       GOTO 200
  200 CONTINUE
C
C      ON REITERE TANT QUE LES MARQUES NE SONT PAS STABILISEES
C
       IF(MODIF)GOTO1100
C
C      ON A MAINTENANT TROUVE UN PLUS LONG CHEMIN
C      RECHERCHE DU MAXIMUM DES MARQUES SUR LES COLONNES
C      NON COUVERTES
C
       PMAX=ZM
       DO 300 J=1,N
       IF(KC(J).EQ.1)GOTO300
       IF(PK(J).LE.PMAX)GOTO300
       PMAX=PK(J)
       JMAX=J
  300 CONTINUE
CC       IF(PMAX.LE.0)GOTO999
 IF(PMAX.LE.-1E7)GOTO999
C
C      CHANGEMENT DE COUPLAGE LE LONG DU PLUS LONG CHEMIN TROUVE
C
       II=MK(JMAX)
       X(II,JMAX)=1
  400 IF(ML(II).EQ.0)GOTO500
       JJ=ML(II)
       X(II,JJ)=X(II,JJ)-1
       II1=MK(JJ)
       X(II1,JJ)=X(II1,JJ)+1
       II=II1
       GOTO 400
  500 LC(II)=1
       KC(JMAX)=1
       CARD=CARD+1
       GOTO 1000
C
  999 RETURN
       END
```


C**********
C*
C* PROGRAMME D'ESSAI D'AFFECTATION
C*
C* - MAXSUP -
C*
C* ECRIT PAR E.BRANDT & M.MINOUX
C*
C**********
IMPLICIT INTEGER (A-Z)
COMMON/BLOC1/C(20,20)
COMMON/BLOC2/X(20,20)
DATA IN,IO/5,6/
DATA N,M/5,5/
DO 9 KK=1,20
3
C TIRAGE ALEATOIRE D'UNE MATRICE C
CALL ALEAT(M,N)
WRITE(IO,104)M,N
104
FORMAT(//,9X,"MATRICE C DE DIMENSION=",I4," X",I3)
CALL ECRIT(M,N,C)
C CALCUL DE LA VALEUR DU RANG CRITIQUE
CALL CRITIC(M,N,SC)
TOT=0
C RECHERCHE D'UNE AFFECTATION
A1
3
5
CONTINUE
C RECHERCHE DU PLUS GRAND ELEMENT DANS C
MAX=0

CONT. PG 2

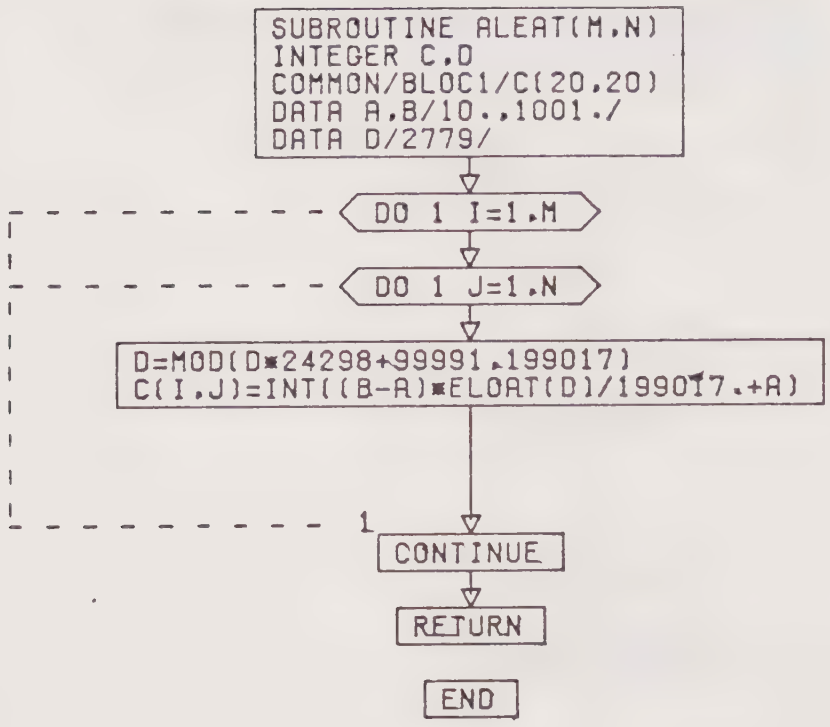

DO 7 I=1,M
DO 7 J=1,N
IF(C(I,J).LE.MAX)
F
T
GOTO7
MAX=C(I,J)
IO=I
JO=J
7
CONTINUE
C AUGMENTATION DU POIDS DU PLUS GRAND ELEMENT DANS C
C(IO,JO)=C(IO,JO)+1E6
CALL MATCH(M,N)
C(IO,JO)=C(IO,JO)-1E6
DO 8 I=1,M
DO 8 J=1,N
X(I,J)=C(I,J)*X(I,J)
8
CONTINUE

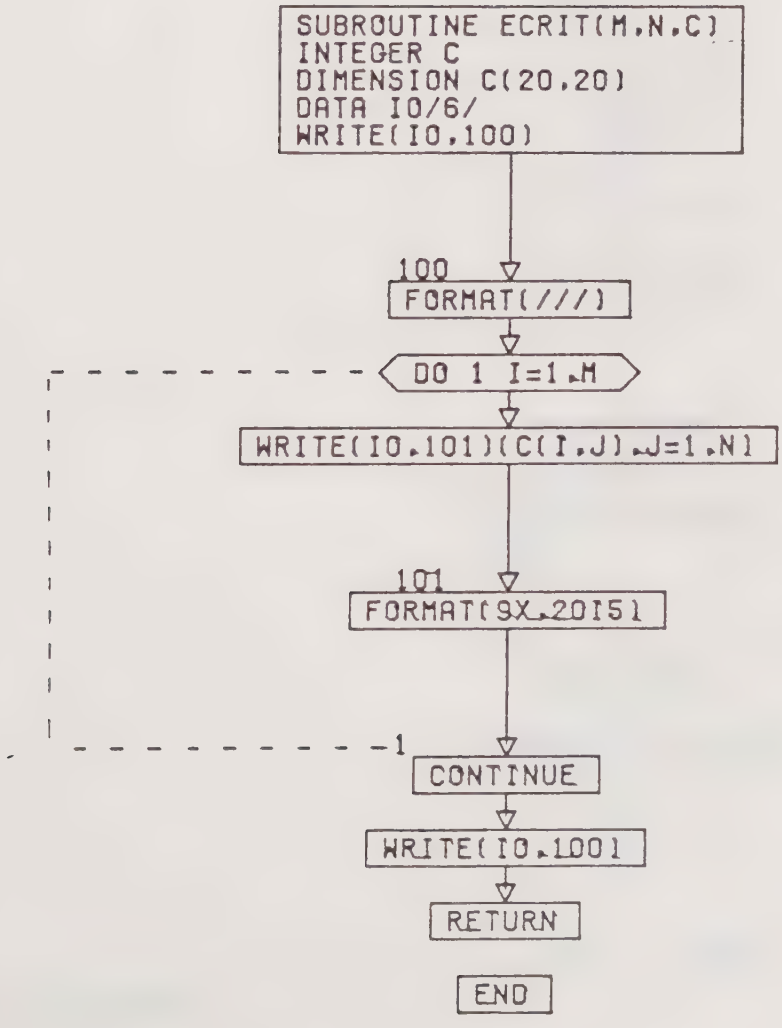
CONT. PG 3

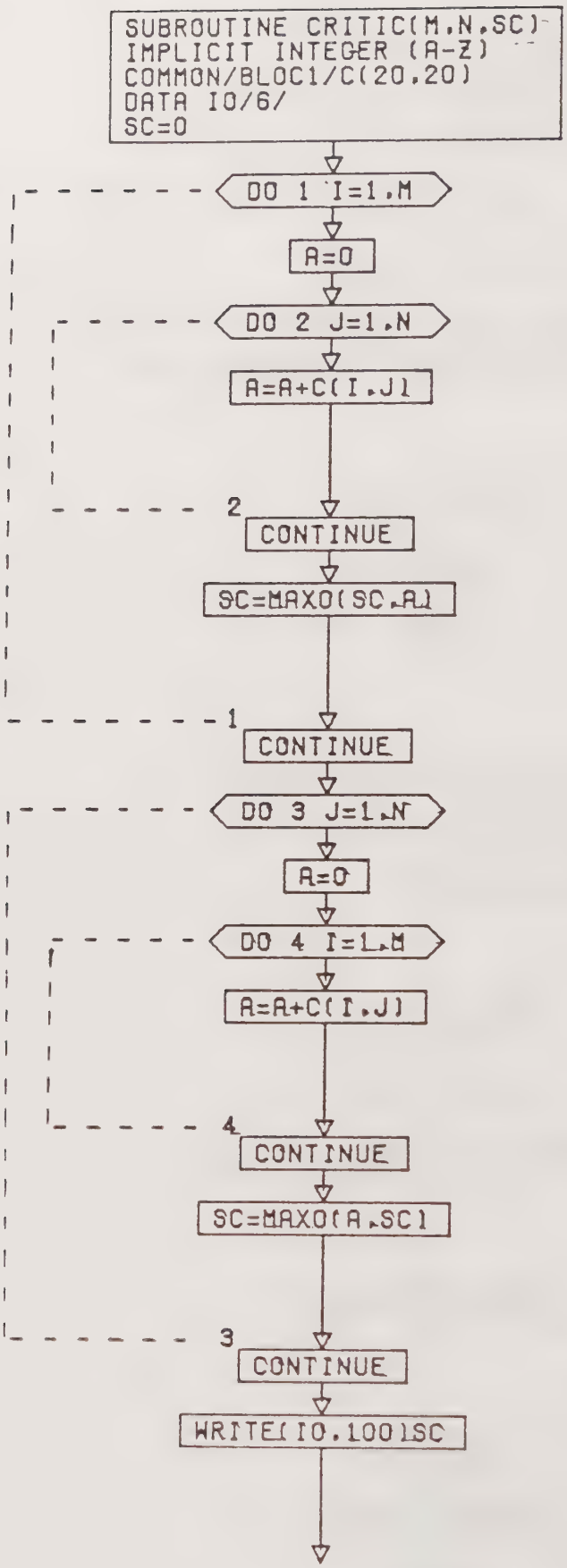

IF(MAX.EQ.0)
F
T
GOTO6
C ECRITURE DE LA MATRICE D'AFFECTATION
CALL ECRIT(M,N,X)
C CALCUL DE LA LONGUEUR DE LA TRAME COMPLETE
TOT=TOT+MAX
C ON ENLEVE A LA MATRICE C LES ELEMENTS AFFECTES
CALL SUB(M,N)
GOTO5
1
A1
6
WRITE(IO,103)TOT
103
FORMAT(//,9X,"TOTAL TRAME",I5)
R=100*SC/TOT
WRITE(IO,105)R
105
FORMAT(//,9X,"RENDEMENT D'AEFECTATION",I5," %")
1
9
CONTINUE

CONT. PG 4

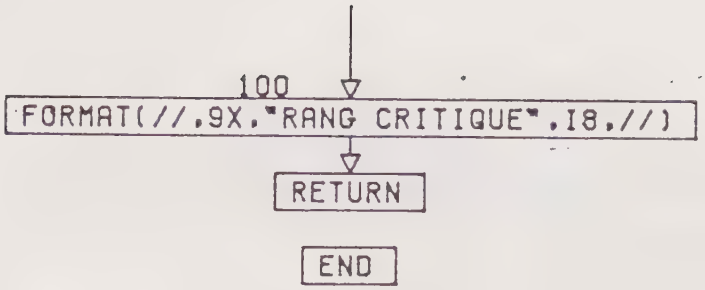
STOP
END

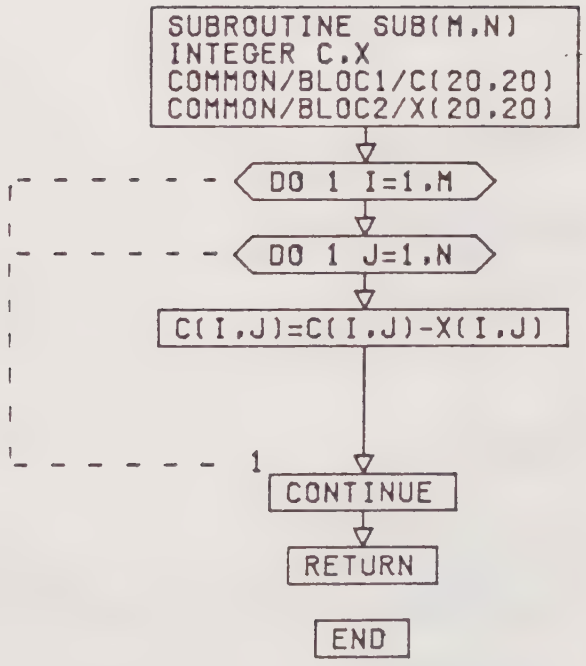

SUBROUTINE ALEAT(M,N)
INTEGER C,D
COMMON/BLOC1/C(20,20)
DATA A,B/10.,1001./
DATA D/2779/
DO 1 I=1,M
DO 1 J=1,N
D=MOD(D*24298+99991,199017)
C(I,J)=INT((B-A)*FLOAT(D)/199017.+A)
1
CONTINUE
RETURN
END

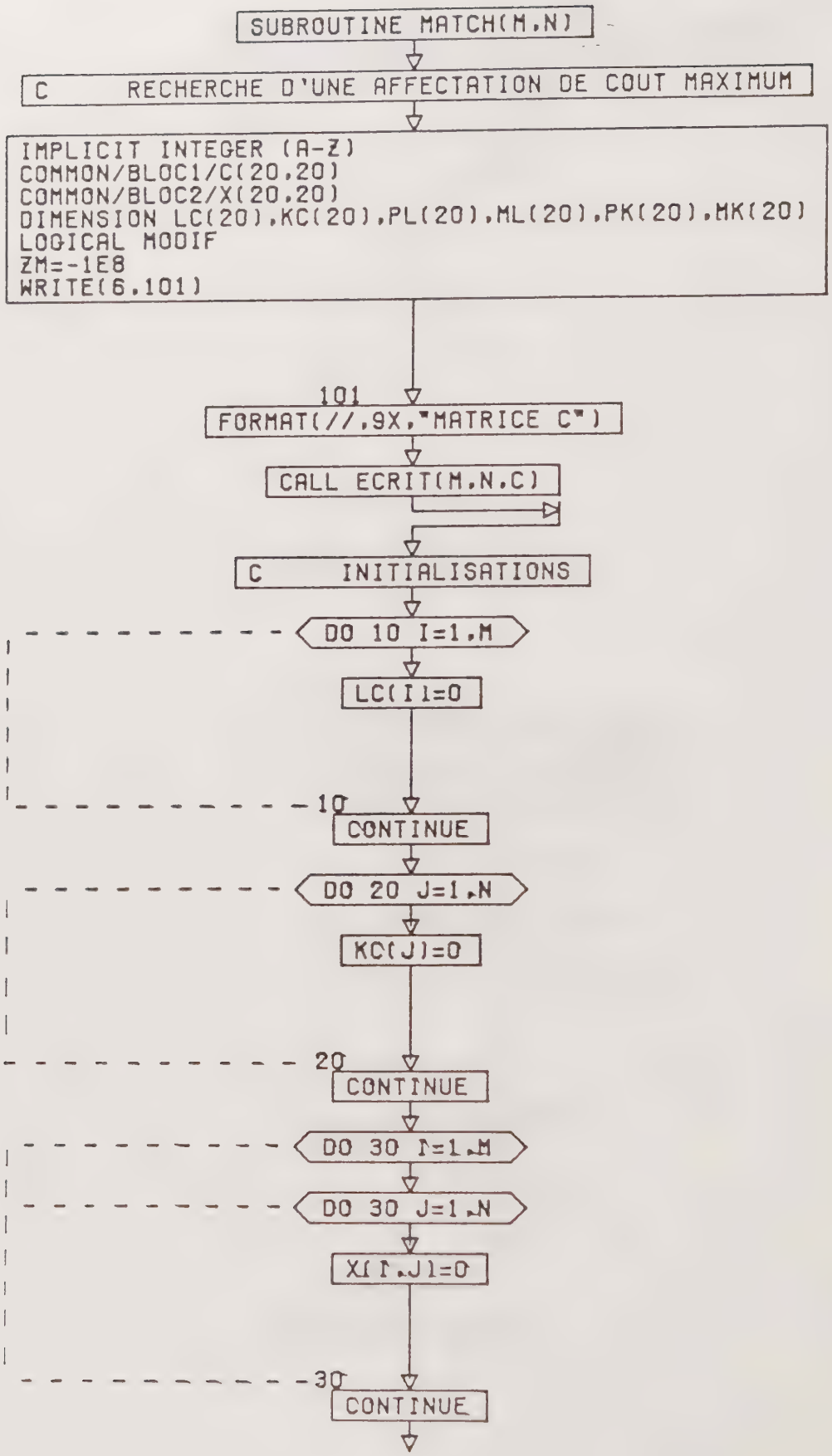

SUBROUTINE ECRIT(M,N,C)
INTEGER C
DIMENSION C(20,20)
DATA IO/6/
WRITE(IO,100)
100
FORMAT(///)
DO 1 I=1,M
WRITE(IO,101)(C(I,J),J=1,N)
101
FORMAT(9X,20I5)
1
CONTINUE
WRITE(IO,100)
RETURN
END


SUBROUTINE CRITIC(M,N,SC)
IMPLICIT INTEGER (A-Z)
COMMON/BLOC1/C(20,20)
DATA IO/6/
SC=0
DO 1 I=1,M
A=0
DO 2 J=1,N
A=A+C(I,J)
2
CONTINUE
SC=MAXO(SC,A)
1
CONTINUE
DO 3 J=1,N
A=0
DO 4 I=1,M
A=A+C(I,J)
4
CONTINUE
SC=MAXO(A,SC)
3
CONTINUE
WRITE(IO,100)SC

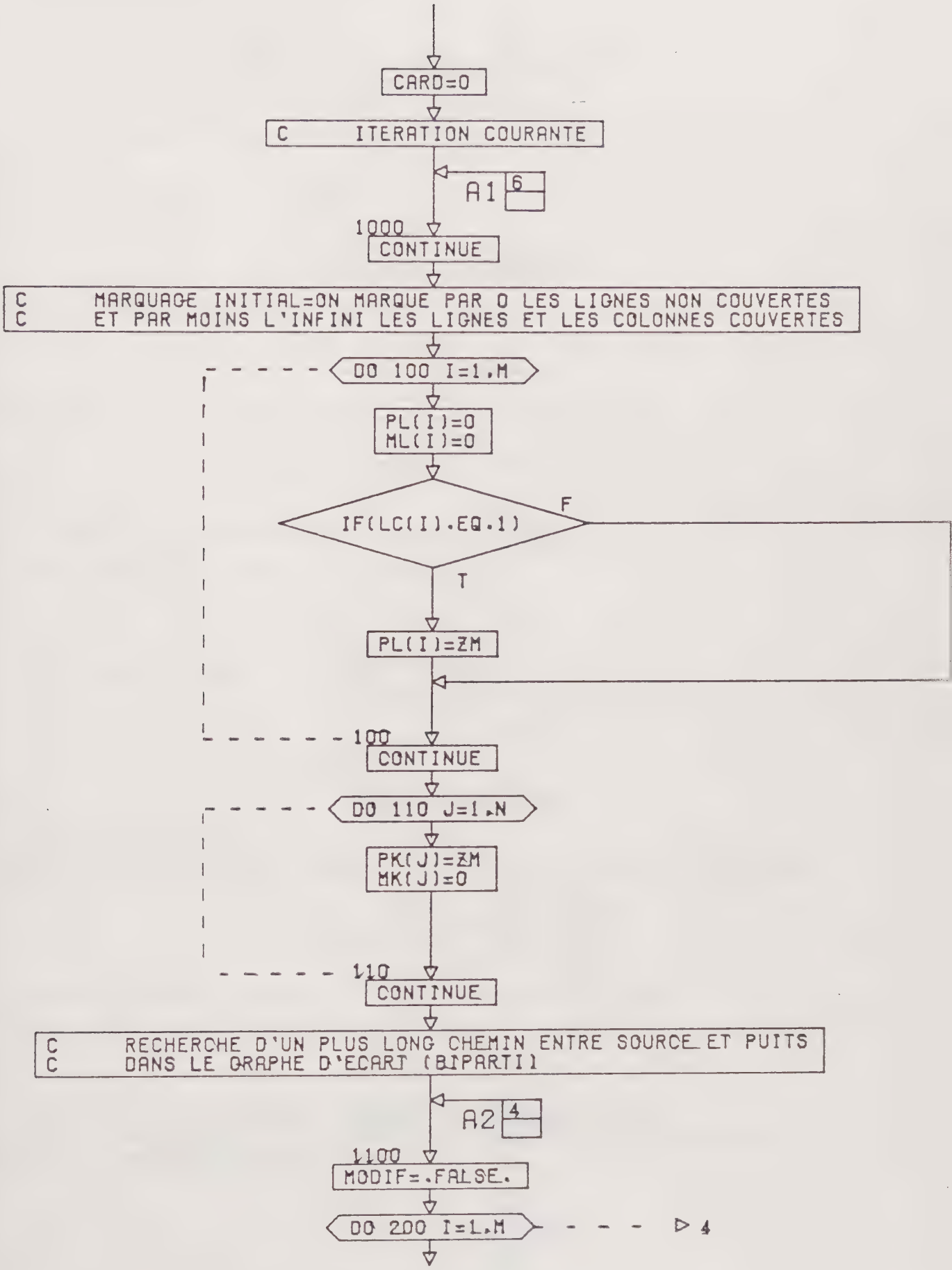
CONT. PG 2


100
FORMAT(//,9X,"RANG CRITIQUE",I8,//)
RETURN
END

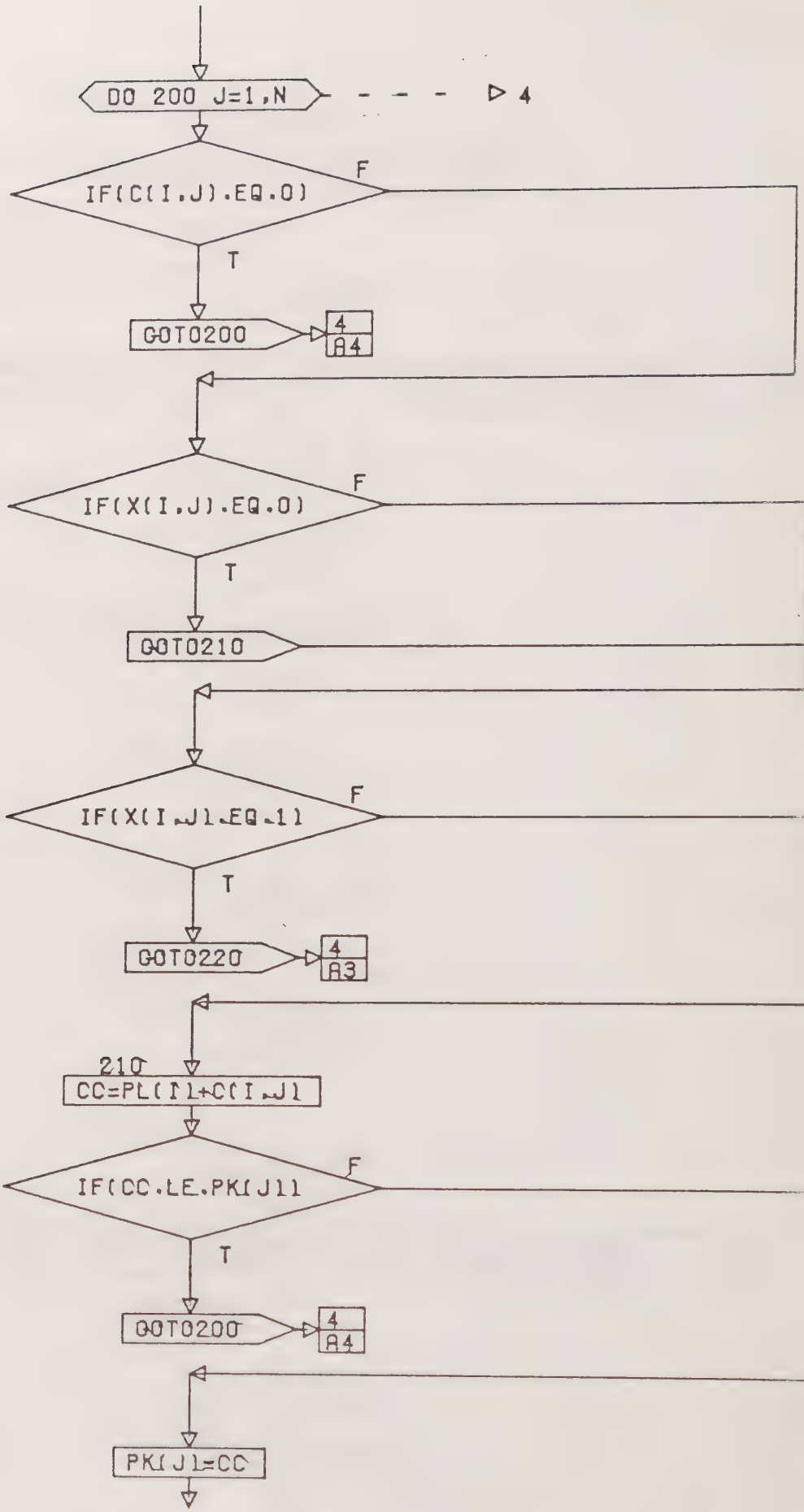

SUBROUTINE SUB(M,N)
INTEGER C,X
COMMON/BLOC1/C(20,20)
COMMON/BLOC2/X(20,20)
DO 1 I=1,M
DO 1 J=1,N
C(I,J)=C(I,J)-X(I,J)
1
CONTINUE
RETURN
END

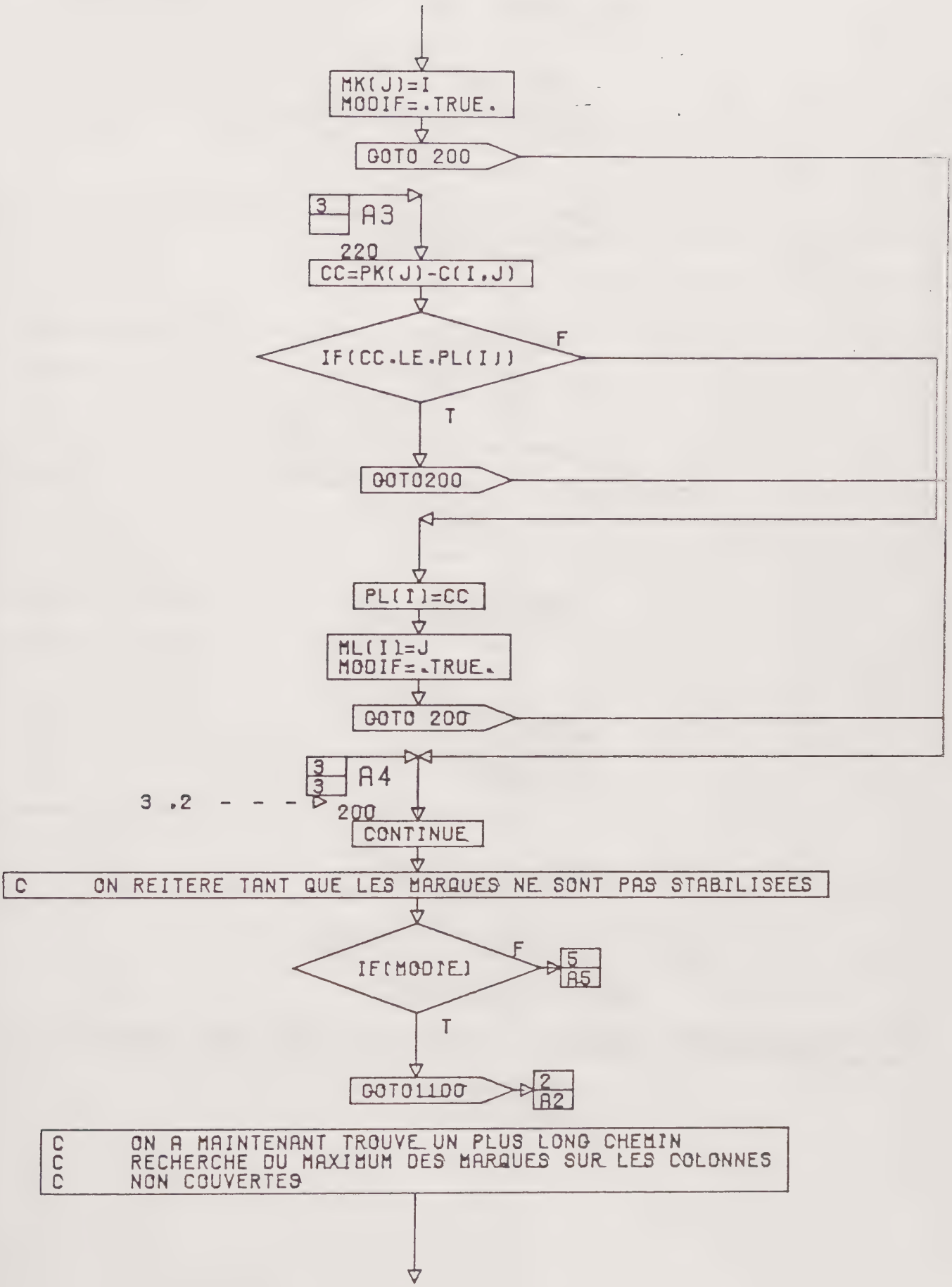

SUBROUTINE MATCH(M,N)
C RECHERCHE D'UNE AFFECTATION DE COUT MAXIMUM
IMPLICIT INTEGER (A-Z)
COMMON/BLOC1/C(20,20)
COMMON/BLOC2/X(20,20)
DIMENSION LC(20),KC(20),PL(20),ML(20),PK(20),MK(20)
LOGICAL MODIF
ZM=-1E8
WRITE(6,101)
101
FORMAT(//,9X,"MATRICE C")
CALL ECRIT(M,N,C)
C INITIALISATIONS
DO 10 I=1,M
LC(I)=0
10
CONTINUE
DO 20 J=1,N
KC(J)=0
20
CONTINUE
DO 30 I=1,M
DO 30 J=1,N
X(I,J)=0
30
CONTINUE

CONT. PG 2

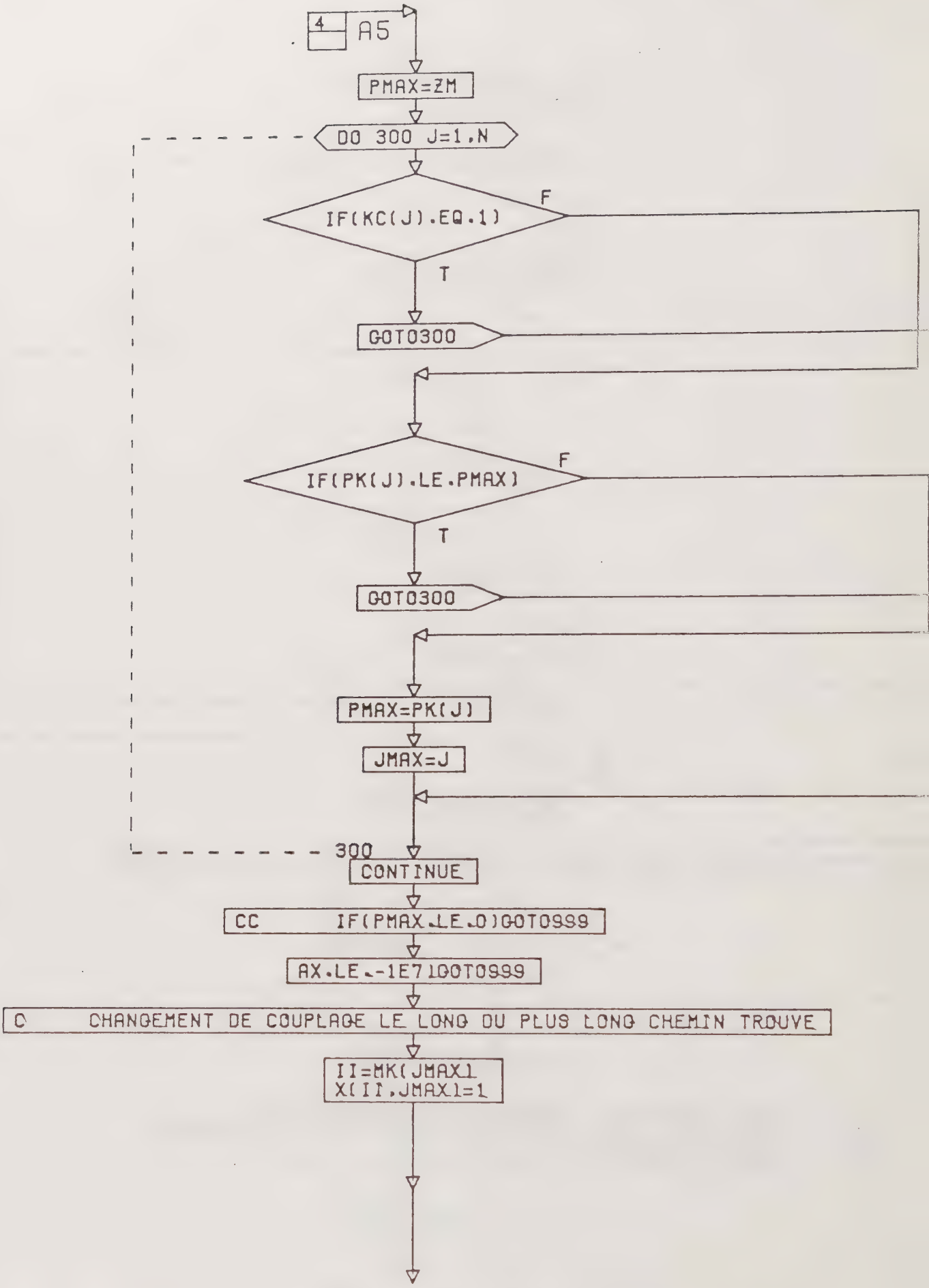

CARD=0
C ITERATION COURANTE
A1 6
1000 CONTINUE
C MARQUAGE INITIAL=ON MARQUE PAR 0 LES LIGNES NON COUVERTES
C ET PAR MOINS L'INFINI LES LIGNES ET LES COLONNES COUVERTES
DO 100 I=1,M
PL(I)=0
ML(I)=0
IF(LC(I).EQ.1)
F
T
PL(I)=ZM
100 CONTINUE
DO 110 J=1,N
PK(J)=ZM
MK(J)=0
110 CONTINUE
C RECHERCHE D'UN PLUS LONG CHEMIN ENTRE SOURCE ET PUITS
C DANS LE GRAPHE D'ECART (BIPARTI)
A2 4
1100 MODIF=.FALSE.
DO 200 I=1,M
▷ 4

CONT. PG 3

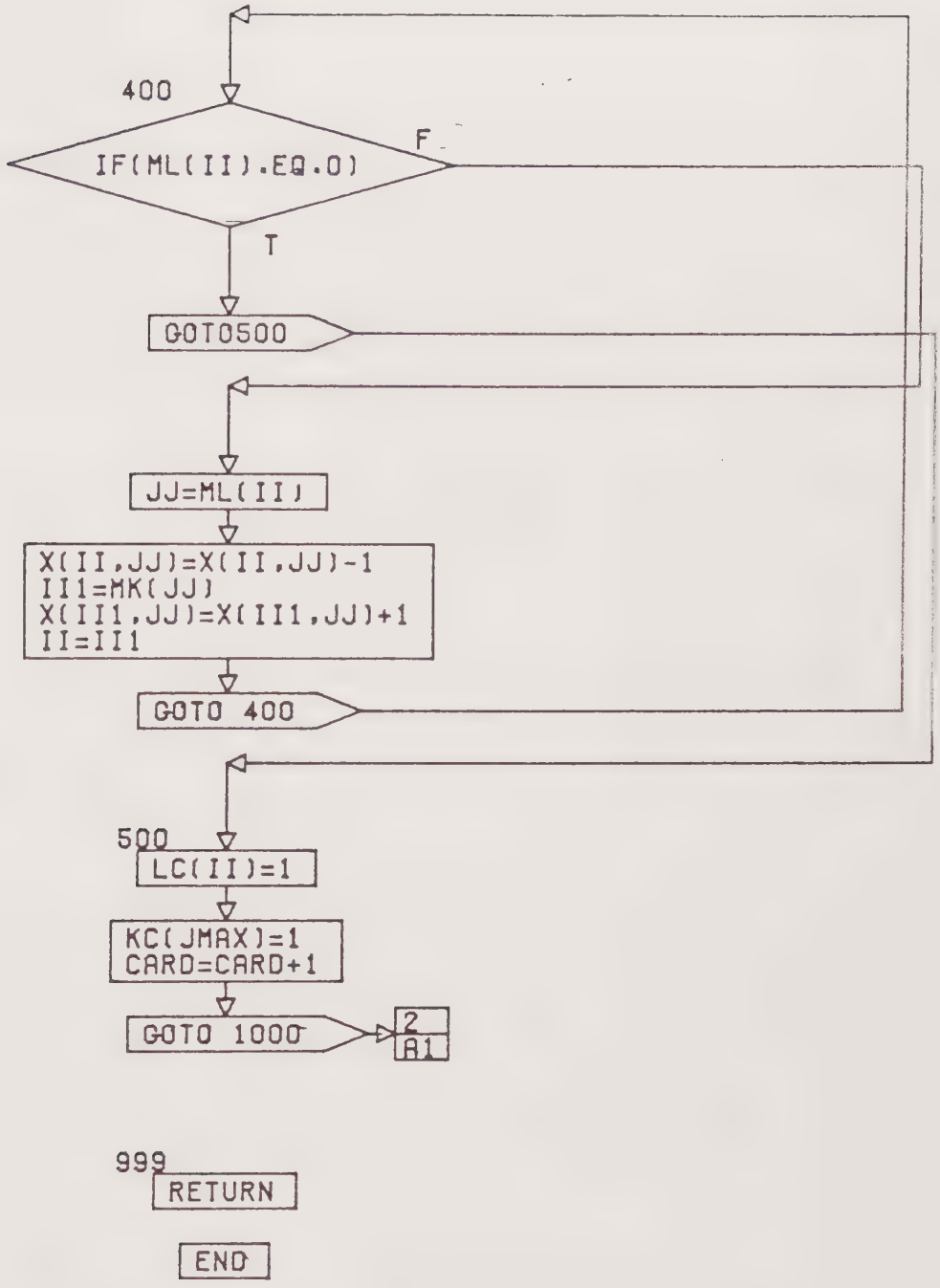

DO 200 J=1,N
▷4
IF(C(I,J).EQ.0)
F
T
GOTO200
4
A4
IF(X(I,J).EQ.0)
F
T
GOTO210
IF(X(I,J1).EQ.1)
F
T
GOTO220
4
A3
210
CC=PL(I1+C(I,J1
IF(CC.LE.PK(J11
F
T
GOTO200
4
A4
PK(J1=CC
CONT. PG 4


MK(J)=I
MODIF=.TRUE.
GOTO 200
3
A3
220
CC=PK(J)-C(I,J)
IF(CC.LE.PL(I))
F
T
GOTO200
PL(I)=CC
ML(I)=J
MODIF=.TRUE.
GOTO 200
3
3
A4
3 .2 - - - -
200
CONTINUE
C ON REITERE TANT QUE LES MARQUES NE SONT PAS STABILISEES
IF(MODIF)
F
5
A5
T
GOTO1100
2
A2
C ON A MAINTENANT TROUVE UN PLUS LONG CHEMIN
C RECHERCHE DU MAXIMUM DES MARQUES SUR LES COLONNES
C NON COUVERTES

CONT. PG 5


4
A5
PMAX=ZM
DO 300 J=1,N
IF(KC(J).EQ.1)
F
T
GOTO300
IF(PK(J).LE.PMAX)
F
T
GOTO300
PMAX=PK(J)
JMAX=J
300
CONTINUE
CC IF(PMAX.LE.0)GOTO999
AX.LE.-1E71GOTO999
C CHANGEMENT DE COUPLAGE LE LONG DU PLUS LONG CHEMIN TROUVE
II=MK(JMAX1
X(II,JMAX1=1

CONT. PG 6


400
IF(ML(II).EQ.0)
F
T
GOTO500
JJ=ML(II)
X(II,JJ)=X(II,JJ)-1
II1=MK(JJ)
X(II1,JJ)=X(II1,JJ)+1
II=II1
GOTO 400
500
LC(II)=1
KC(JMAX)=1
CARD=CARD+1
GOTO 1000
2
A1
999
RETURN
END

III.2.6. Comparaison des performances

Les tests de comparaison entre les méthodes heuristiques utilisent un groupe de matrices dont les éléments sont des entiers triés aléatoirement suivant une loi de distribution uniforme dans l'intervalle |10,1000|.

Le tableau I présente les rendements d'affectation obtenus, exprimés en %. L'heuristique MAXSUP 1 utilise MAXSUM 1 et MAXSUP 2 utilise MAXSUM 2.

Le test porte ici sur 20 matrices de rang 5. Compte tenu des écarts types autour de la moyenne des rendements d'affectation de chaque méthode, les performances peuvent être considérées comme semblables.

Dans la suite, nous avons seulement comparé la méthode heuristique la plus simple à la plus complexe, c'est-à-dire "GLOUTON" à "MAXSUM". En les appliquant successivement sur un nombre (NBR) croissant de matrices de même rang, on notera une absence de corrélation entre l'écart type (SIGMA) obtenu autour de la moyenne des rendements (XMOY) et (NBR).

Le tableau II donne des valeurs pour (XMOY) et (SIGMA) pour les heuristiques "GLOUTON" et "MAXSUM" appliqué à des matrices de rang 5. Le nombre de ces matrices (NBR) varie de 10 à 1000.

N°	GLOUTON	MAXSUM 1	MAXSUM 2	MAXSUP 1	MAXSUP 2
1	80	89	89	84	84
2	84	86	84	83	84
3	82	83	84	82	77
4	87	86	86	79	84
5	100	96	96	95	100
6	86	87	87	85	87
7	78	90	90	90	90
8	85	89	89	89	89
9	93	91	91	93	96
10	95	95	95	95	95
11	84	86	87	86	87
12	79	88	88	86	86
13	90	90	90	90	90
14	94	97	97	97	97
15	87	87	87	89	89
16	90	85	87	85	87
17	85	85	91	93	93
18	78	78	83	78	83
19	88	88	88	88	88
20	93	84	84	87	87
$\bar{x}$	86,90	88,00	88,65	87,70	88,65
σ	6,07	4,51	3,94	5,24	5,46

TABLEAU I

	GLOUTON		MAXSUM	
NBR	XMOY (%)	SIGMA	XMOY (%)	SIGMA
10	85,030	5,978	89,641	3,760
20	89,171	5,470	89,807	4,594
30	87,219	5,595	88,933	5,800
40	86,821	6,252	90,213	5,460
50	89,531	5,485	90,064	5,254
60	88,071	5,526	91,121	5,190
70	87,688	5,870	90,533	4,774
80	88,269	5,964	89,829	4,535
90	87,857	5,559	91,221	4,726
100	88,140	5,283	89,825	5,006
200	89,104	5,366	90,912	5,079
300	88,547	5,669	89,983	5,043
400	88,318	5,612	90,179	5,050
500	88,109	5,686	90,607	4,934
1000	88,552	5,580	90,613	5,091

R = Rendement d'affectation

XMOY = E(R)

SIGMA = $E(R^2) - E(R)^2$

TABLEAU II

Le tableau III montre l'évolution des performances moyennes (XMOY) des heuristiques "GLOUTON" et "MAXSUM" avec le rang des matrices.

Chaque moyenne du rendement d'affectation est obtenue par application des deux méthodes heuristiques au même groupe de 100 matrices.

Le rang de ces matrices varie de 2 à 20. Il n'a pas été possible d'obtenir des valeurs pour MAXSUM au-delà du rang 16, le temps de calcul nécessaire à la machine étant trop important.

On constate que pour $N < 10$ MAXSUM est plus performant que GLOUTON mais que pour $N > 10$ l'ordre s'inverse, ces considérations s'entendent bien sûr en moyenne et avec le type de matrices choisi.

D'autre part, une évaluation numérique de la complexité des méthodes a permis de déterminer que le temps de calcul de GLOUTON variait sensiblement comme $O(N^3)$ et que celui de MAXSUM variait comme $O(N^4)$.

Dans presque tous les cas, les résultats précédents nous ferons préférer l'heuristique GLOUTON à MAXSUM du fait de ses performances intéressantes et de sa simplicité.

	GLOUTON		MAXSUM	
RANG	XMOY (%)	SIGMA	XMOY (%)	SIGMA
2	100,000	0,	100,000	0,
3	90,346	8,112	95,064	5,486
4	90,334	6,723	91,809	5,029
5	88,623	5,699	90,827	5,352
6	87,088	5,742	89,023	5,410
7	88,754	4,281	88,932	4,626
8	87,616	4,479	88,840	3,898
9	87,287	3,936	89,186	3,676
10	88,566	3,833	88,214	3,630
11	88,300	3,374	88,087	3,368
12	88,158	2,988	87,585	3,337
13	89,511	2,998	87,697	3,311
14	88,469	3,001	87,468	2,865
15	89,851	2,872	88,383	3,192
16	88,999	2,546	87,837	2,719
17	90,059	2,885		
18	89,380	2,809		
19	89,579	2,437		
20	90,455	2,500		

TABLEAU III

III.3. TASSEMENT ET INSERTION

Il ne semble pas possible de pouvoir augmenter de façon sensible les performances des heuristiques en utilisant le formalisme des matrices de mode représentant chacune une tranche de l'emploi du temps. Ces performances culminent avec l'heuristique MAXSUM 2.

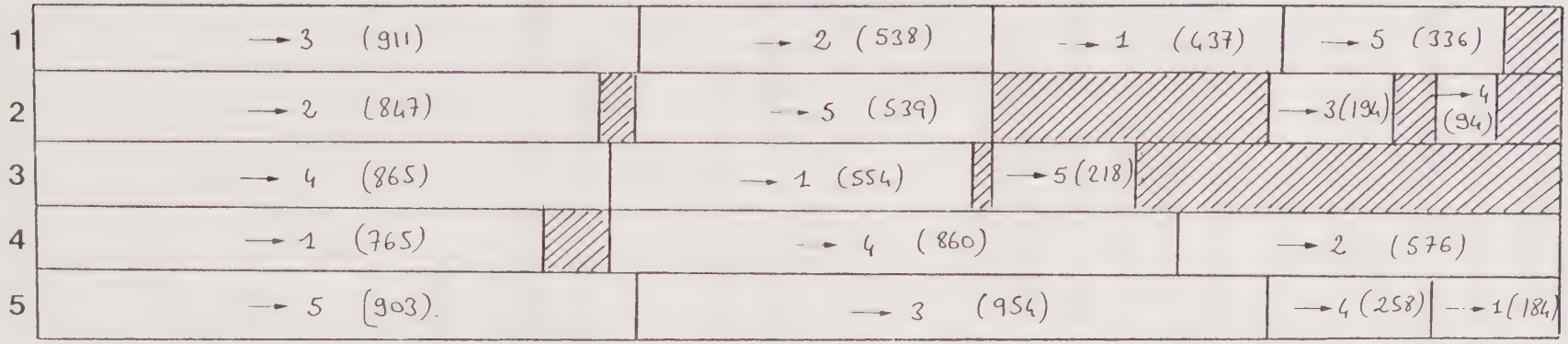
Pourtant en examinant les emplois du temps obtenus on se rend compte qu'il reste beaucoup de place libre sur la trame et que certaines assignations auraient pu avoir lieu avant que ne se termine la tranche précédente sans entraîner pour cela de conflit.

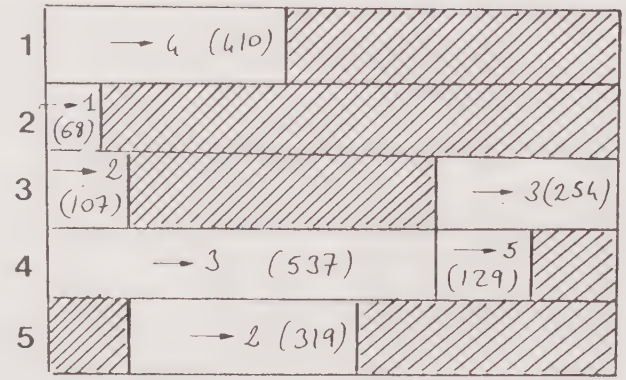
Si l'on veut augmenter les performances de remplissage sans pour cela modifier radicalement la manière de procéder, on peut garder une décomposition de T en matrices de mode suivant une heuristique (ex. : MAXSUM 2) mais au moment de l'assignation, on procède à un contrôle du conflit de manière à pouvoir assigner dès que possible au lieu d'attendre la fin de la tranche précédente.

L'augmentation de la complexité porte uniquement sur le contrôle des conflits avec les autres paquets déjà assignés.

En partant de la décomposition obtenue avec MAXSUM 2 et en procédant à un tassement, on obtient le plan de charge suivant qui correspond à un rendement de : 92,8%.

Remarque : Le tassement est obtenu en considérant dans les matrices de mode les paquets par ordre de taille décroissante.





PLAN DE CHARGE OBTENU AVEC UNE DECOMPOSITION UTILISANT L'HEURISTIQUE MAXSUM 2 SUIVIE D'UN TASSEMENT.

Le rendement de remplissage est $\frac{2867}{3090}$ = 0,928 ce qui correspond dans ce cas à une amélioration de 10% par rapport à la même heuristique mais sans tassement.

A ce stade, une amélioration du rendement de remplissage reste encore possible. Au cours du tassement des paquets de trafic des matrices de mode successives, on est parfois contraint pour éviter les conflits avec d'autres paquets déjà en place de laisser un intervalle libre avant un paquet. Cette place perdue pourrait dans certains cas convenir pour des paquets apparaissant plus tard dans d'autres matrices de mode.

Une amélioration du tassement procède par combinaison avec l'insertion de paquet dans les espaces laissés libres. Pour une matrice de mode donnée, on assigne les paquets de trafic par ordre de taille décroissante en examinant les espaces libres pouvant leur convenir en partant du début de la trame, c'est-à-dire ayant une taille suffisante et pas de conflit avec d'autres paquets.

Nous n'avons pas représenté ici le plan de charge correspondant à la méthode "tassement et insertion". En effet, pour cet exemple, le plan de charge est le même que celui obtenu précédemment en appliquant la méthode de "tassement".

Afin de mieux comprendre l'action des trois étapes d'amélioration, nous avons présenté un autre exemple ; on trouvera à partir des matrices de mode :

1 - Tranches juxtaposées sans recouvrement
2 - Tassement de tranches
3 - Tassement et insertion

Exemple de décomposition de [T] en matrices de mode

$[T]$ =

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	
S_1	-	20	5	6	2	33
S_2	20	-	3	4		27
S_3	5	3	-	1	10	19
S_4	6	4	1	-	12	23
S_5	2		10	12	-	24

$[M]_1$ =

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
S_1	-	20			
S_2	20	-			
S_3			-		
S_4				-	12
S_5				12	-

A droite de la matrice figure la valeur du trafic total émis par station

$[M]_2$ =

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
S_1	-			6	
S_2		-			
S_3			-		10
S_4	6			-	
S_5			10		

$[M]_3$ =

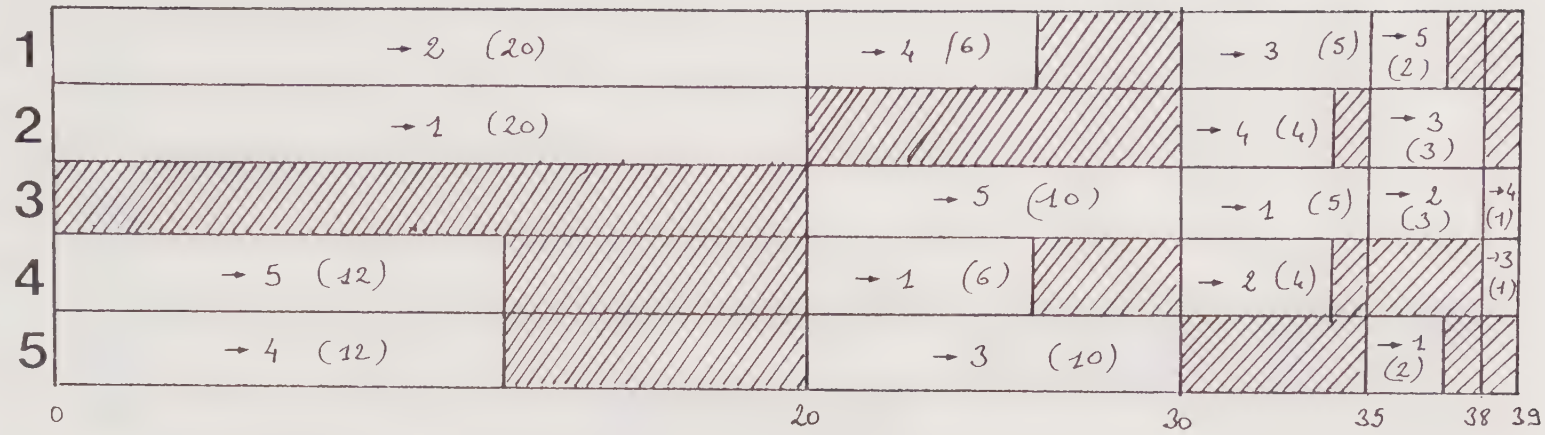
	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
S_1	-		5		
S_2		-		4	
S_3	5		-		
S_4		4		-	
S_5					-

$[M]_4$ =

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
S_1	-				2
S_2		-	3		
S_3		3	-		
S_4				-	
S_5	2				-

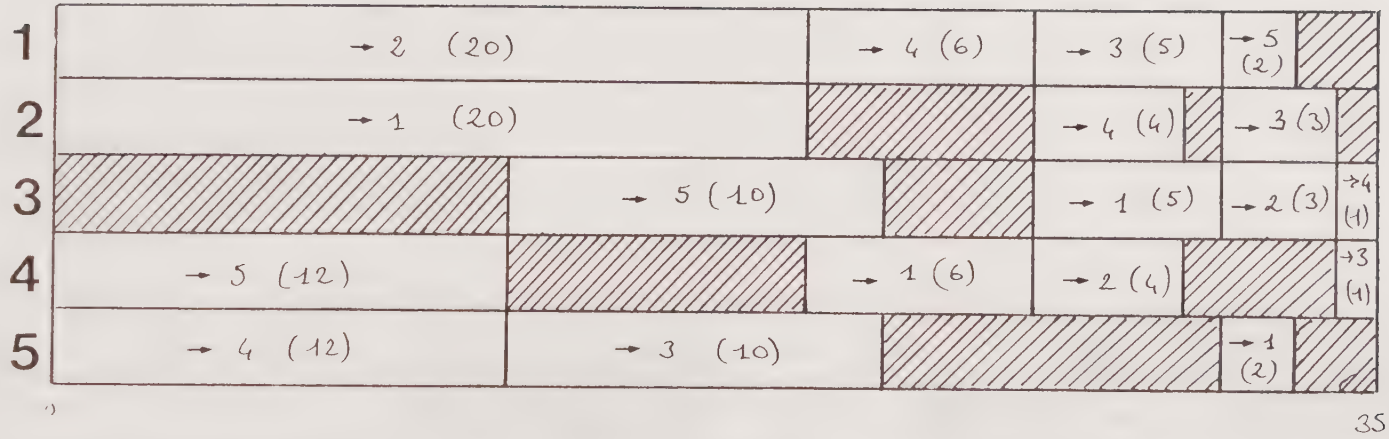
$[M]_5$ =

	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5
S_1	-				
S_2		-			
S_3			-	1	
S_4			1	-	
S_5					-



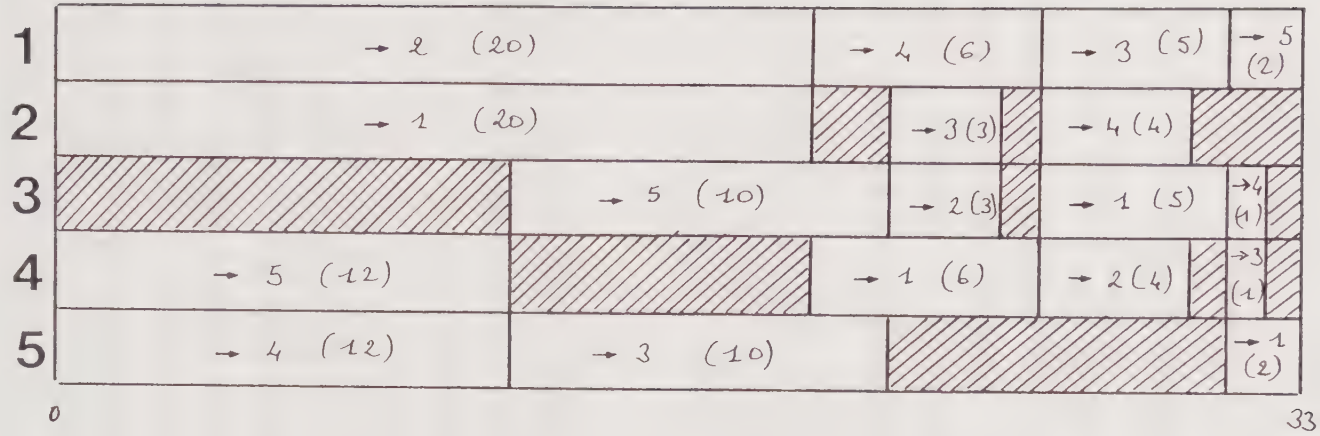
$$\text{Rendement } R = \frac{33}{39} = 84{,}6\ \%.$$

PLAN DE CHARGE CORRESPONDANT A LA JUXTAPOSITION DE TRANCHES SANS RECOUVREMENT.



$$\text{Rendement } R = \frac{33}{35} = 89,7\ \%.$$

PLAN DE CHARGE CORRESPONDANT AU TASSEMENT DES TRANCHES



$$\text{Rendement } R = \frac{33}{33} = 100\%.$$

PLAN DE CHARGE CORRESPONDANT AU MELANGE TASSEMENT ET INSERTION.

III.4. LES PROBLEMES QUASI-CONTINUS

Soit une matrice de trafic T de rang N, ses éléments (τ_{ij}) sont des nombres entiers positifs ou nuls ($\tau_{ij} \in \mathbf{N}$). Ils correspondent, pour un intervalle de temps donné, à une capacité en nombre de circuits à établir entre les stations du réseau ; τ_{ij} représente le nombre de circuits à établir de la station S_i vers la station S_j. Ces éléments sont encore appelés "paquets de trafic".

La principale différence par rapport aux "problèmes en nombres entiers" réside dans la possibilité que l'on a de pouvoir couper librement les τ_{ij} en parties entières souvent appelées "fragments de paquets de trafics" et de les transmettre indépendamment sous cette forme.

Notre problème est ici de trouver, compte tenu des ressources du système, un emploi du temps complet de durée minimum pour les paquets de trafic ou les fragments de paquet de trafic.

Comme précédemment, nous utiliserons une décomposition de la matrice T en une somme de matrices de mode. A chaque étape de la décomposition, au lieu d'être obligé de prendre dans une matrice de mode un paquet de trafic entier, on peut n'en prendre qu'un fragment et le reste peut être réparti entre les matrices de mode suivantes. La matrice de mode M_k générée à la $k^{ième}$ étape de la décomposition représente une tranche de l'emploi du temps complet. Elle décrit l'état et la durée du $k^{ième}$ mode de commutation des stations sur les répéteurs du satellite. Comme toujours, les matrices de mode ne doivent pas contenir plus d'un élément par ligne et par colonne et la durée totale de l'emploi du temps peut s'obtenir en sommant les valeurs des éléments maximums des matrices de mode.

Soit $T = (\tau_{ij})$ une matrice de trafic donnée de rang N . Appelons t_i la somme des éléments de T se trouvant sur la ligne i et t_j la somme des éléments de T se trouvant sur la colonne j

$$t_i = \sum_{j=1}^{N} \tau_{ij} \quad \text{et} \quad t_j = \sum_{i=1}^{N} \tau_{ij}$$

La totalité de la transmission des éléments de T ne peut pas être achevée avant t_m.

$$t_m = \operatorname{Max}_{(i,j)\in |1,N|} (t_i, t_j)$$

c'est la somme des éléments du rang critique de T. Nous définirons l'efficacité d'un emploi du temps pour la transmission des trafics de T par le rapport η

$$\eta = \frac{t_m}{t}$$

où t représente la durée réellement obtenue pour l'emploi du temps par la méthode d'ordonnancement.

Problème 1

La matrice de trafic T étant donnée, comment la décomposer en un nombre minimum de matrices de mode avec une efficacité de 100%.

La programmation linéaire donne une solution à ce problème mais la complexité des calculs est telle qu'elle se prête mal à une utilisation pratique. On pourra consulter |2|. Il existe une autre approche connue sous le nom de

"Greedy Algorithm" ou "algorithme glouton" qui génère au plus $(N^2 - N)$ matrice de mode, cf. |3|.

III.4.1. Principe du "Greedy Algorithm"
(ou "algorithme glouton avec fractionnement")

Etapes

1 - Rechercher dans T le "rang critique".

2 - Choisir dans ce rang "l'élément critique".

3 - Choisir l'élément le plus grand n'étant pas sur le rang critique.

4 - Répéter la même procédure qu'en 3 en éliminant chaque fois les éléments de la ligne et de la colonne sur lequel se trouve l'élément choisi.

5 - On sépare T en deux matrices T' et T", T est constitué des N éléments sélectionnés et T" des éléments restants.

6 - Si le rang I_o de T' et de T" est critique pour tous les deux, aller à l'étape 10 sinon continuer en séquence.

7 - Lorsqu'il existe dans T' un élément plus grand que l'élément critique, mettre l'excès de trafic dans T" afin que l'élément critique soit le plus grand de T'.

8 - Si le rang I_o de T' n'est pas critique transférer une partie du trafic de T' dans les limites posées à l'étape 7 afin de maintenir le rang I_o critique.

9 - Si T' est vide, choisir comme élément critique le deuxième plus grand élément et répéter le même procédé qu'avec l'élément critique.

10 - Répéter toutes les étapes à partir du n° 1 sur T" qui devient la nouvelle matrice T. Il faut répéter M fois le processus pour obtenir T sous forme d'une somme de matrices M_K appelées "matrices de mode" ce sont les T' générés à chaque étape.

11 - Composer la trame à partir des matrices de mode en arrangeant les éléments non nuls, chaque matrice de mode décrivant un mode de commutation des stations sur les répéteurs.

(1) Rang critique : c'est la ligne ou la colonne dont la somme des éléments a la plus grande valeur.

(2) Elément critique : c'est l'élément le plus grand sur le rang critique.

Exemple de décomposition

Soit la matrice de trafic T

T =

1	1	1	7
3	2	4	2
1	3	2	1
5	4	2	1

Première itération

Etapes 1-2

1	1	1	7	10
3	2	4	2	11
1	3	2	1	7
5	4	2	1	12
10	10	9	11	

Le quatrième rang est critique

5 est l'élément critique

Etapes 3-5

$$T = T' + T''$$

$T =$

			7
		4	
	3		
5			

$+$

1	1	1	
3	2		2
1		2	1
	4	2	1

Etape 6 - Le quatrième rang de T' n'est pas critique.

Etape 7 - On reporte l'excès de trafic de T' (1,4) dans T" (1,4).

$T =$

			5
		4	
	3		
5			

$+$

1	1	1	2	5
3	2		2	7
1		2	1	4
	4	2	1	7
5	7	5	6	

$T =$ T' $+$ T"

La condition de criticité est maintenant respectée T" devient la nouvelle matrice T.

Deuxième itération

Etapes 1-5 - L'élément critique est 4

T =

			2
3			
		2	
	4		

+

1	1	1		3
	2		2	4
1			1	2
		2	1	3
2	3	3	4	

T = T' + T"

Etapes 6-8 - Le quatrième rang de T" n'est pas critique on est obligé de transférer du trafic de T' vers T"

T =

			2
3			
		2	
	3		

+

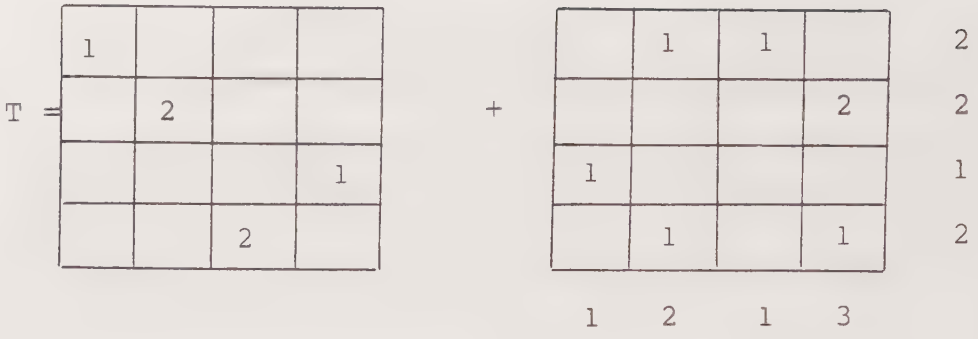
1	1	1		3
	2		2	4
1			1	1
	1	2	1	4

T = T' + T"

La condition de criticité est réalisée T" devient T.

Troisième itération

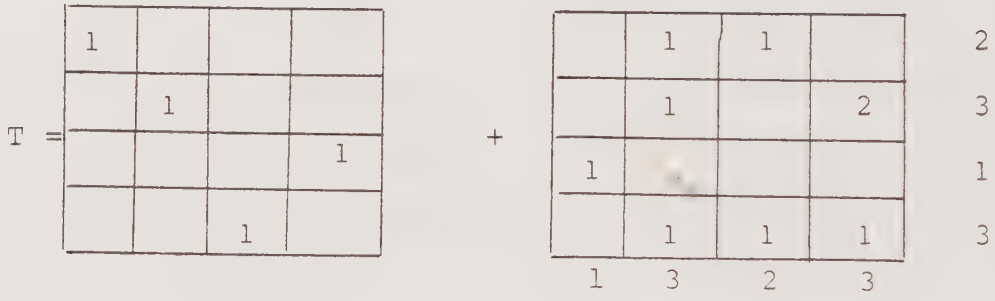
Etapes 1-5



T = T' + T"

La ligne 4 n'étant pas critique on transfère du trafic de T' vers T".

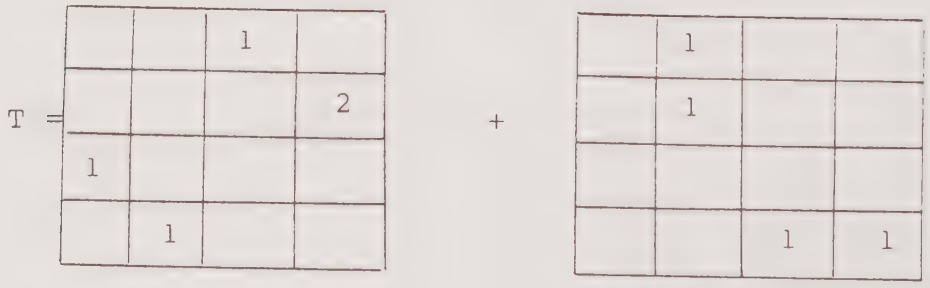
Etapes 6-7



T = T' + T"

Quatrième itération

Etapes 1-5



T = T' + T"

Etapes 6-7

T =

		1	
			1
1			
	1		

+

	1		
	1		1
		1	1

T = T' + T"

Cinquième itération

Etapes 1-5

T =

	1		
			1
		1	

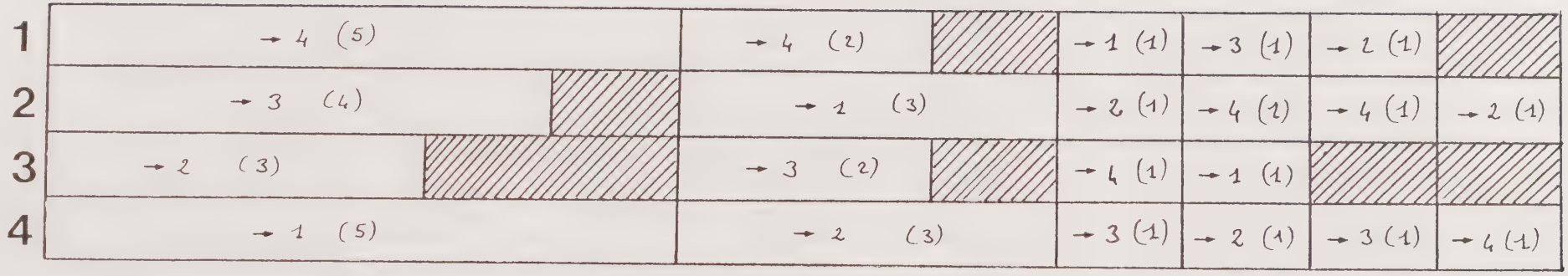
+

	1		
			1

T = T' + T"

Fin de la décomposition.

PLAN DE CHARGE OBTENU



Le rendement correspondant est $R = \frac{24}{24} = 100\%$.

Le nombre de matrice de mode est 6.

Prenons, pour exemple la matrice de trafic précédemment utilisée pour les méthodes de décomposition en nombre entier.

$T =$

437	538	911	410	336
68	847	194	94	539
554	107	254	865	218
765	576	537	860	129
184	319	954	258	903

Première itération

Etape 1 : On recherche le rang critique en faisant la somme des éléments de T suivant les lignes et suivant les colonnes.

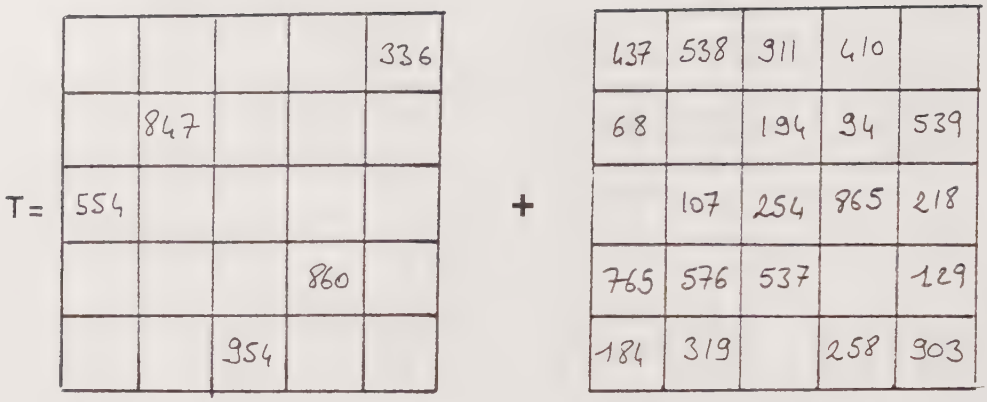
$T =$

437	538	911	410	336	2632
68	847	194	94	539	1742
554	107	254	865	218	1998
765	576	537	860	129	2867
184	319	954	258	903	2618
2008	2387	2850	2487	2125	

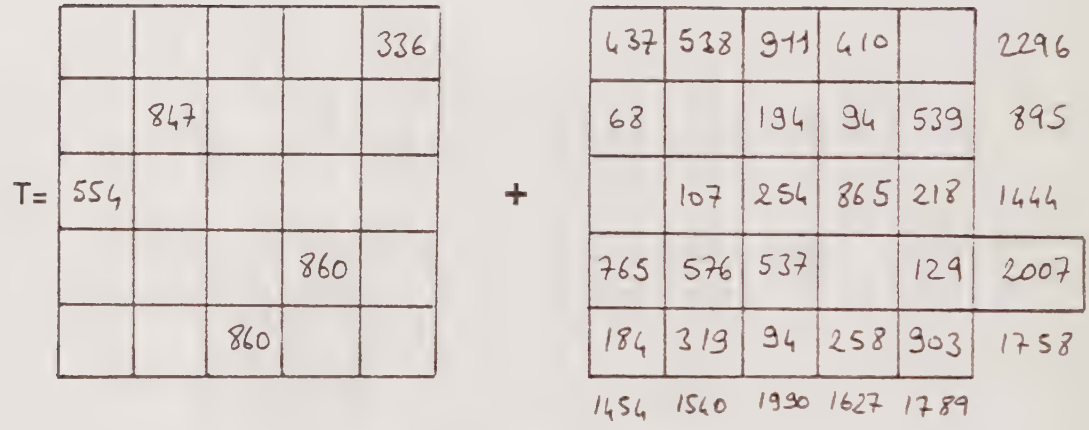
La quatrième ligne est critique.

Etape 2 : L'élément critique est 860.

Etapes 3 à 5 :



Etape 6 : La quatrième ligne n'est plus critique, on met l'excès de trafic de T' dans T".



$T = T' + T''$

La quatrième ligne reste critique dans T' et T".

Etape 10 : T" devient la nouvelle matrice T et on repart à l'étape 1.

Deuxième itération :

Etapes 1 à 5 : L'élément critique est 765.

T =

		911		
			865	
765				
				903

+

437	538		410	
68		194	94	539
	107	254		218
	576	537		129
184	319	94	258	

T = T' + T"

Etape 6 : On va transférer l'excès de trafic de T' dans T"

T =

		765		
			765	
765				
				765

+

437	538	146	410		1531
68		194	94	539	895
	107	254	100	218	679
	576	537		129	1242
184	319	94	258	138	993
689	1540	1225	862	1024	

C'est la deuxième colonne qui est critique, on transfère 1540 - 1242 = 298 de T' dans T".

T =

		467		
			467	
467				
				467

+

437	538	444	410		1829
68		194	94	539	895
	107	254	398	218	977
298	576	537		129	1540
184	319	94	258	436	1291
987	1540	1523	1160	1322	

$$T = T' + T''$$

La quatrième ligne est critique dans T' et T".

Etape 10 : T" devient la nouvelle matrice T et on repart à l'étape 1.

Troisième itération

Etapes 1 à 5 :

T =

		444		
				539
			398	
	576			
184				

+

437	538		410		1385
68		194	94		356
	107	254		218	579
298		537		129	964
	319	94	258	436	1107
803	964	1079	762	783	

$$T = T' + T''$$

Etape 6 : La quatrième ligne n'étant plus critique il faut transférer du trafic de T' vers T".

Etape 8 : Il faut au moins transférer 1385 - 964 = 421 de l'élément critique T' (4,2) = 576.

T =

		444		
				539
			398	
	155			
184				

+

437	538		410	
68		194	94	
	107	254		218
298	421	537		129
	319	94	258	436

Etapes 6 à 7 :

T =

		155		
				155
			155	
	155			
155				

+

437	538	289	410		1674
68		194	94	384	740
	107	254	243	218	822
298	421	537		129	1385
29	319	94	258	436	1136
832	1385	1368	1005	1167	

La quatrième ligne n'est toujours pas critique et il faudrait pouvoir transférer à nouveau 1674 - 1385 = 289 de T' (4,2) dans T" (4,2) ce qui est impossible car T' (4,2) = 155.

Il y a blocage de l'algorithme.

Cet algorithme bien que séduisant par sa simplicité et son rendement de 100% dans tous les cas peut suivant les exemples comporter des étapes qui se répétent indéfiniment ; l'algorithme boucle sans pouvoir générer la matrice de mode suivante.

L'analyse de ces imperfections est présentée dans |4|. Il propose deux méthodes de rechange dans |1|. Elles ont l'avantage de ne jamais générer dans une décomposition plus de $(N^2 - 2N + 1)$ matrices de mode, mais sans garantir une décomposition comptant le plus petit nombre possible de matrices de mode.

Ces méthodes font à tout moment appel à un sous-programme de recherches d'un "couplage" (1) entre les éléments de la matrice de trafic T.

L'analyse des principes de base utilisés par ces méthodes nous a conduit à élaborer un nouvel algorithme offrant la même qualité de décomposition : nombre maximum de matrice de mode $(N^2 - 2N + 2)$ et efficacité de 100%, mais plus simple et dont certains aspects ont pu être améliorés.

Le "Greedy Algorithm" tel qu'il a été précédemment décrit bute à certaines étapes de la décomposition du fait de l'impossibilité de trouver un couplage (ou affectation) qui garde critique dans chaque matrice de mode la même ligne que dans la matrice de trafic initiale.

Une matrice dont la somme des éléments suivant tous les rangs - lignes et colonnes - est la même peut être écrite comme une somme de multiples positifs de matrices de

---

(1) Couplage entre les éléments est ici un sous-ensemble élément de la partition de T.

permutation (1) (matrice ne comportant que des 0 et des 1 et tel qu'il n'y a pas plus d'un élément non nul par ligne et par colonne). Cette classe de matrice peut donc toujours être décomposée en matrices de mode jusqu'au dernier élément. La transformation d'une matrice de trafic donnée quelconque est toujours possible et se fait facilement en ajoutant du trafic fictif que l'on retranche une fois la décomposition en matrices de mode achevée. Ceci ne modifie en rien les qualités de la décomposition (même nombre de matrices de mode et même efficacité). Mais le nombre de matrices de mode générées de cette façon est plus grand que celui qui est réellement nécessaire. Il y a une façon de sélectionner les éléments des matrices de mode de manière efficace qui utilise partiellement les propriétés de ces matrices ayant la somme de leurs lignes et de leurs colonnes identiques. Il suffit de choisir à chaque étape le couplage en deux temps. La première partie ne portant que sur la ou les lignes critiques (la somme de leurs éléments est la même et la plus grande de toutes les autres). Ainsi le risque de blocage rencontré avec le Greedy Algorithme disparaît totalement et l'on peut toujours assurer la criticité de la même ligne ou colonne jusqu'au bout de la décomposition.

Il est très important pour avoir une efficacité de 100% d'avoir toujours le même rang critique et que dans une matrice de mode ce soit le plus petit des éléments critiques qui soit le plus grand élément.

Afin de réduire la fragmentation des paquets de trafic sur la trame, il est préférable lors d'une itération, de prendre en priorité les restes des trafics fragmentés à

---

(1) Soit p une matrice de permutation on a $p = (p_{ij})$.

l'itération précédente. Ainsi tout ou partie des trafics se trouve reconstitué du fait que les matrices de mode se suivent.

Cette priorité doit néanmoins être secondaire sous peine d'entraver l'heuristique.

III.4.2. L'algorithme de INUKAI

Etape 1 - Choisir parmi le ou les rangs critiques de la matrice T une affectation, c'est-à-dire un élément au plus par ligne et par colonne. Cette recherche peut se faire en utilisant "l'algorithme Hongrois" dont nous avons parlé précédemment, cf. |18|.

Etape 2 - Quand l'affectation est incomplète, la poursuivre sur les éléments de T n'appartenant pas aux lignes critiques.

Etape 3 - Les éléments choisis par l'affectation précédente sont placés dans T', et ceux qui restent dans T".

Etape 4 - Quand certains éléments de T' sont plus grands que le plus petit des éléments critiques, transférer l'excès de trafic de T' vers T".

Etape 5 - Si la ou les lignes critiques de T' et de T" diffèrent, transférer une partie du trafic de T' vers T" (dans la limite posée à l'étape 4) jusqu'à l'obtention de lignes critiques identiques.

Etape 6 - La matrice de mode correspondante à l'affectation définitive est T'. Quand T" est nulle, l'ordonnancement est achevé, dans le cas contraire, T" devient la nouvelle matrice T et on retourne à l'étape 1.

Exemple

$T =$

437	538	911	410	336	2632
68	847	194	94	539	1742
554	107	254	865	218	1998
765	576	537	860	129	2867
184	319	954	258	903	2618
2008	2387	2850	2487	2125	

Itération 1

1 - On commence par trouver l'élément critique ici :
$\tau_{4,4} = 860$

2 - Le couplage est complété par $\tau_{1,3} = 911$, $\tau_{2,2} = 847$
$\tau_{3,1} = 554$; $\tau_{5,5} = 903$.

3 - Séparation en deux matrices T' et T".

$T' =$

		911		
	847			
554				
			860	
				903

$T'' =$

437	538		410	336
68		194	94	539
	107	254	865	218
765	576	537		129
184	319	954	258	

4 - Transfert de l'excès de trafic de T' vers T"

		860		
	847			
554				
			860	
				860

437	538	51	410	336	1772
68		194	94	539	895
	107	254	865	218	1444
765	576	537		129	2007
184	319	954	258	43	1758
1454	1540	1990	1627	1265	

C'est toujours la même ligne qui est critique.

5 - T' devient la première matrice de mode : M_1 = T' et T = T" en repart à l'étape 1.

Itération 2

1 - L'élément critique est $\tau_{4,1}$ = 765.

2 - Le couplage est complété par $\tau_{1,2}$ = 538 ; $\tau_{2,5}$ = 539 $\tau_{3,4}$ = 865 ; $\tau_{5,3}$ = 954.

3 - Séparation en deux matrices.

T' =

	538			
				539
			865	
765				
		954		

T" =

437		51	410	336
68		194	94	
	107	254		218
	576	537		129
184	319		258	43

4 - Transfert de l'excès de trafic de T' dans T"

$T' =$

	538			
				539
			765	
765				
		765		

$T'' =$

437		51	410	336	1234
68		194	94		356
	107	254	100	218	679
	576	537		129	1242
184	319	189	258	43	993
689	1002	1225	862	726	

5 - La quatrième ligne est toujours critique.

6 - M_2 = T' et T = T".

Itération 3

1 - L'élément critique est : $\tau_{4,2} = 576$.

2 - Le couplage est complété par $\tau_{1,1} = 437$; $\tau_{2,3} = 194$; $\tau_{3,5} = 218$ et $\tau_{5,4} = 258$.

3 - Séparation en deux matrices T' et T".

$T' =$

437				
		194		
				218
	576			
			258	

$T'' =$

		51	410	336	797
68			94		162
	107	254	100		461
		537		129	666
184	319	189		43	735
252	426	1031	604	508	

5 - Pour assurer la criticité de la quatrième ligne on transfère du trafic de T' vers T" 1031 - 666 = 365

$T' =$

211				
		194		
				211
	211			
			211	

$T'' =$

226		51	410	336	1023
68			94		162
	107	254	100	7	468
	365	537		129	1031
184	319	189	47	43	782
478	791	1031	651	515	

6 - M_3 = T' et T = T".

Itération 4

1 - On choisit un couplage sur les rangs critiques 3ème colonne et 4ème ligne : $\tau_{3,3} = 254$; $\tau_{4,2} = 365$.

2 - Le couplage est complété par : $\tau_{1,5} = 336$; $\tau_{2,4} = 94$; $\tau_{5,1} = 184$.

3 - Séparation en deux matrices T' et T".

$T' =$

				336
			94	
		254		
	365			
184				

$T'' =$

226		51	410	
68				
	107		100	7
		537		129
	319	189	47	43

5 - On transfère l'excès de trafic par rapport à Min (254, 365) = 254 de T' dans T".

$T' =$

				254
			94	
		254		
	254			
184				

$T'' =$

226		51	410	82	769
68					68
	107		100	7	214
	111	537		129	777
	319	189	47	43	598
294	537	777	557	261	

6 - M_4 = T' et T = T".

Itération 5

1 - On choisit les éléments $\tau_{4,5} = 129$ et $\tau_{5,3} = 189$ sur les rangs critiques.

2 - Le couplage est complété par $\tau_{1,4} = 410$; $\tau_{2,1} = 68$ $\tau_{3,2} = 107$.

3 - On sépare en deux matrices T' et T"

$T' =$

			410	
68				
	107			
				129
		189		

$T'' =$

226		51		82
			100	7
	111	537		
	319		47	43

4 - On transfère l'excès de trafic de T' dans T" par rapport au Min (129, 189) = 129.

$T' =$

			129	
68				
	107			
				129
		129		

$T'' =$

226		51	281	82	640
			100	7	107
	111	537			648
	319	60	47	43	469
226	430	648	441	132	

6 - M_5 = T' et T = T".

Itération 6

1 - On choisit $\tau_{4,2}$ = 111 et $\tau_{5,3}$ = 60 sur les rangs critiques.

2 - On complète le couplage par $\tau_{1,1}$ = 226 et $\tau_{3,4}$ = 100.

3 - Séparation en deux matrices T' et T"

$T' =$

226				
			100	
	111			
		60		

$T'' =$

		51	281	82
				7
		537		
	319		47	43

4 - Transfert de l'excès de trafic par rapport à Min (111, 60) = 60.

$T' =$

60				
			60	
	60			
		60		

$T'' =$

166		51	281	82	580
					0
			40	7	47
	51	537			588
	319		47	43	409
166	370	588	368	132	

6 - M_6 = T' et T = T".

Itération 7

1 - On choisit $\tau_{1,3} = 51$ et $\tau_{4,2} = 51$ sur les rangs critiques.

2 - Les autres éléments du couplage étant $\tau_{3,4} = 40$ et $\tau_{5,5} = 43$.

3 - Séparation en deux matrices T' et T".

$T' =$

		51		
			40	
	51			
				43

$T'' =$

166			281	82	529
					0
				7	7
		537			537
	319		47		366
166	319	537	328	89	

4 à 6 - M_7 = T' et T = T".

Itération 8

1 - On choisit $\tau_{4,3}$ = 537 sur les rangs critiques.

2 - Et $\tau_{1,4}$ = 281 ; $\tau_{3,5}$ = 7 ; $\tau_{5,2}$ = 319 pour compléter le couplage.

3 - Séparation en T' et T".

$T' =$

			281	
				7
		537		
	319			

$T'' =$

166				82	248
					0
					0
					0
			47		47
166	0	0	47	82	

5 - Pour que la quatrième ligne de T" reste critique, il faut transférer de $\tau'(4,3) = 537$ au moins 242 vers $\tau''(4,3)$.

$T' =$

			281	
				7
		289		
	289			

$T'' =$

166				82	
		248			248
	30		47		
166	30	248	47	82	

6 - $M_8 = T'$ et $T = T''$.

Itération 9

1 - On ne peut que choisir $\tau_{4,3} = 248$.

2 - On prend $\tau_{1,1} = 166$ et $\tau_{5,4} = 47$.

3 - Séparation T' et T".

$T' =$

166				
		248		
			47	

$T'' =$

				82
	30			

5 - Pour assurer la criticité de la ligne 4, on transfère 82 de $\tau'_{4,3}$.

$T' =$

166				
		166		
			47	

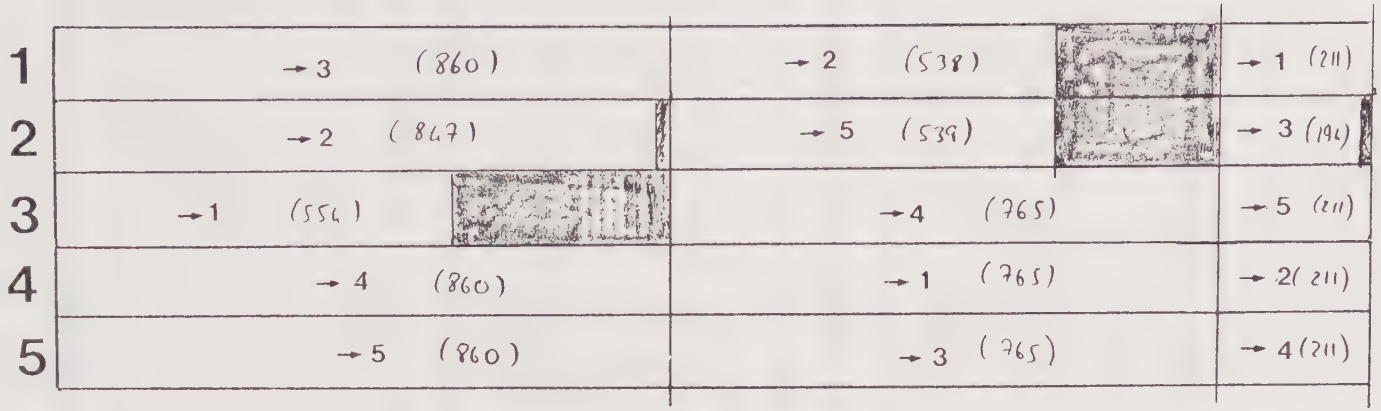
$T'' =$

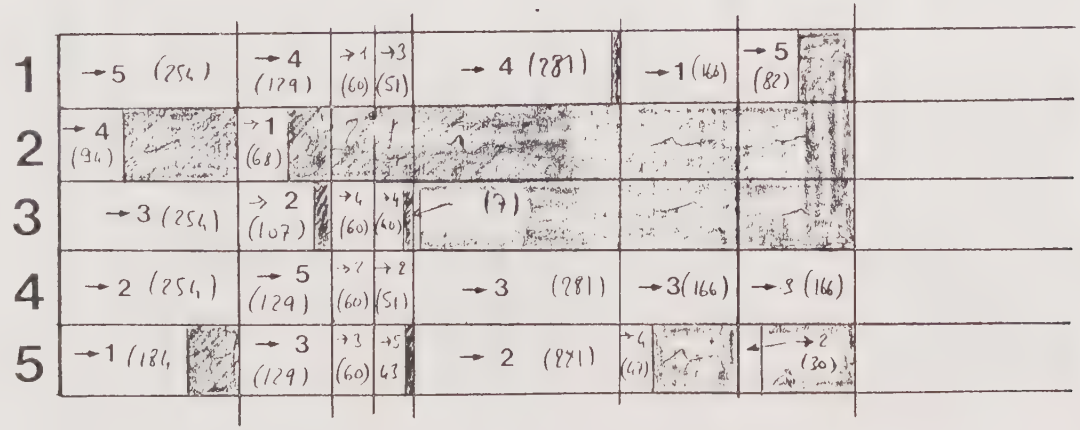
				82
		166		
	30			

6 - $M_9 = T'$ et $T = T''$.

Itération 10

6 - $M_{10} = T''$.





PLAN DE CHARGE DE LA TRAME REALISE PAR CE[illegible] ALGORI[illegible]

III.4.3. Utilisation des carrés magiques

C'est W.W.Wu cf. |6| qui a imaginé le principe de cette approche originale du problème d'ordonnancement des trafics à partir d'une matrice de trafic T sur la trame AMRT qui utilise les carrés magiques.

Comme chacun sait, les "carrés magiques" sont des matrices de rang N dont les N^2 éléments sont des entiers consécutifs placés de telle sorte que la somme des éléments suivant toutes les lignes et toutes les colonnes soit la même. Cette somme est facilement calculable à partir de la formule donnant la somme des N premiers entiers consécutifs, et de la valeur du plus petit entier placé dans le carré magique.

$$\text{Soit } S = \sum_{p=1}^{N} p = 1 + 2 + 3 + \ldots + (N-1) + N$$

cette somme peut aussi s'écrire :

$$S = \sum_{p=N}^{1} p = N + (N-1) + \ldots + 3 + 2 + 1$$

en faisant la somme terme à terme de ces deux écritures de S, on obtient :

$$2S = (1+N) + (2+N-1) + \ldots + (N-1+2) + (N+1)$$

$$2S = (1+N) + (1+N) + \ldots + (1+N)$$

tous les termes de la somme sont identiques et valent (1+N), il y en a N.

$$2S = N(N+1) \rightarrow \quad S = \frac{N(N+1)}{2}$$

Les N^2 éléments des carrés magiques que nous aurons à utiliser sont les N^2 entiers consécutifs $(1,\ldots,N^2)$.

La somme S de ces nombres est :

$$S = \frac{N^2 \ (N^2 + 1)}{2}$$

Le carré magique comporte N rangs ayant tous la même somme s :

$$s = \frac{S}{N} = \frac{N \ (N^2 + 1)}{2}$$

Il existe des méthodes systématiques permettant de construire des carrés magiques de dimension quelconque qui peuvent ensuite être facilement décomposés sous forme d'une somme de matrices de mode.

L'idée de base de la méthode est de commencer par retrancher, terme à terme, à la matrice de trafic T, plusieurs fois de suite un carré magique □ de même dimension, puis de procéder sur les éléments qui n'ont pas été pris dans T à un ordonnancement suivant une heuristique. L'efficacité de cette heuristique est d'autant moins importante que le trafic restant à assigner ne représente plus qu'une faible part du trafic initialement dans T.

Cet algorithme ne garantit bien sûr par une efficacité de l'assignation de 100%, ni un nombre minimum de matrices de mode. Mais il trouve tout son avantage, du fait de sa simplicité, pour la recherche d'ordonnancements approchés à partir de matrices de trafic de grande dimension.

En fait, on ne sait construire des carrés qui soient magiques et facilement décomposables en une somme de matrices de mode que lorsque N est impair. Pour N pair, dans [6] on propose de composer le carré de rang pair N à partir de quatre sous-carrés de rang $(\frac{N}{2})$ que l'on remplit séparément. Lorsque $(\frac{N}{2})$ est impair, on utilise la méthode de remplissage des carrés de rang impair et lorsque $(\frac{N}{2})$ est pair, on redivise les sous-carrés en sous-carrés de rang $(\frac{N}{2})$ jusqu'à ce que le rang du sous-carré soit impair. La construction des carrés de rang N pair par cette méthode présente deux inconvénients :

- elle ne donne pas les carrés de rang N lorsque N est une puissance de 2, car il n'existe pas de carré magique de rang 2.
- Lorsque N est divisible par une puissance de 2, elle oblige à construire puis à composer successivement tous les sous-carrés. Ce qui est d'autant plus délicat que la divisibilité se fait suivant une puissance de 2 élevée.

Nous avons donc été amené à trouver une autre règle pour la construction des carrés magiques de rang pair. Ces carrés, quelle que soit la méthode qu'on utilise pour les construire, ne sont magiques que suivant une direction ligne ou colonne mais pas les deux en même temps.

Cette dernière condition limite l'application de l'algorithme au traitement des matrices de trafic symétriques.

Algorithme utilisant les carrés magiques

Etape 1 - On construit un carré magique □ de rang N. La méthode utilisée est différente suivant que N est pair ou impair ; elles sont présentées dans la suite.

Etape 2 - On choisit arbitrairement une valeur réelle σ_o telle que :

$$0 < \sigma_o < 1$$

Dans la suite, on aura à comparer cette valeur σ_o à une valeur calculée σ qui est une mesure de la quantité de trafic restant encore à affecter.

$\sigma = 1$ correspond à "aucun trafic de T n'est assigné"

$\sigma = 0$ tous les trafics de T sont assignés.

Le résultat de ce test de comparaison fixe le degré de performance souhaité et permet de savoir si l'on doit ou non continuer les itérations.

FAIRE : $\Delta'(o) = T$ Les éléments de la matrice de trafic T sont transférés dans une matrice de travail.

FAIRE : $k = 0$ On initialise un compteur d'itérations.

FAIRE : (a) $\Delta(k+1) = \Delta'(k) - □$

(b) $\Delta'(k+1) \leftarrow \Delta(k+1)$

(c) $\square_{k+1} = \square + (\bar{\delta}_{ij}^{k+1})$

(d) $\sigma = \dfrac{\sum_{i,j} (\bar{\delta}_{ij}^{k+1}) - S}{S}$

(e) $k = k + 1$

TANT QUE ($\sigma > \sigma_o$) SINON (aller à l'étape 3)

a) Lors de l'itération k, on effectue la soustraction terme à terme entre les matrices Δ' et $\square$ ce qui génère une nouvelle matrice notée : $\Delta(k+1)$.

Notons :

$\Delta'(k) = (\delta'_{ij})^k$

$\Delta(k+1) = (\delta_{ij})^{k+1}$ avec (i,j) $|1,N|$

$\square = C_{ij}$

b) La matrice $\Delta'(k+1)$ est la même que $\Delta(k+1)$ seuls les termes négatifs notés $(\bar{\delta}_{ij}^{k+1})$ ont été mis à 0.

c) Il arrive que pour certains couples (i,j), on ait pour C_{ij} $\square$ et δ'^{k}_{ij} $\Delta'(k)$ la relation :

$C_{ij} > \delta'^{k}_{ij}$, ce qui entraîne : $\delta_{ij}^{k+1} = \delta'^{k}_{ij} - C_{ij} < 0$.

La matrice "carré magique" $\square$ a la propriété d'être décomposable en une somme de N matrices de mode décrivant chacune une tranche de l'emploi du temps complet. En conservant à chaque itération dans $\square$ les C_{ij} correspondant au $(\delta_{ij})^{k+1}$ négatifs, on réserve dans l'emploi du temps

un espace inutile. Il faut ajuster les valeurs des éléments contenus dans $\square$ en remplaçant les éléments C_{ij} correspondant au $(\delta_{ij})^{k+1}$ négatifs par $(C_{ij} + \delta_{ij}^{k+1})$. La nouvelle matrice obtenue est notée $\square_{k+1}$ et elle est décomposable en matrices de mode de la même manière que $\square$, seules les valeurs précédemment modifiées diffèrent.

d) Le calcul de σ permet d'évaluer l'assignation obtenue pour les éléments de T à l'itération k.

$\sum_{i,j} (\bar{\delta}_{ij}^{k+1})$ est la somme des éléments négatifs de

$\Delta(k+1)$

S est la somme des éléments du carré magique $\square$ utilisé à chaque itération.

d) On incrémente de une unité le compteur k. (k = k + 1).

Etape 3 - L'assignation des trafics restants se fait en utilisant une heuristique. Ce peut être par exemple (glouton sans fractionnement) ce qui génère quelques matrices de mode supplémentaires notées : M_i et i = 1, 2,...

Etape 4 - L'emploi du temps complet pour les éléments de T est obtenu par la décomposition des matrices $\square_i$ en une somme de matrices de mode suivant la même partition que pour $\square$.

$$\square_k = \sum_{i=1}^{N} M_i^k$$

La matrice de trafic T initiale décomposée en ℓ itérations et p matrices de mode supplémentaires (M_i) s'écrit :

$$T = \sum_{k=1}^{\ell} \left| \sum_{i=1}^{N} M_i^k \right| + \sum_{i=1}^{p} M_i$$

Chaque matrice de mode représente une tranche de l'emploi du temps complet.

Le premier problème que l'on a à résoudre pour pouvoir utiliser cet algorithme (étape 1) est de savoir construire d'une manière systématique des carrés magiques de rang N (N quelconque > 2), c'est-à-dire de trouver une méthode pour les remplir avec les entiers consécutifs de 1 à N^2 de manière à ce qu'ils soient facilement décomposables en une somme de matrices de mode.

A - N est impair

Appelons le carré magique $\square = (C_{ij})$, le premier élément 1 est placé dans $C_{1,1}$.

Les nombres sont placés ensuite dans leur ordre naturel sur une ligne diagonale inclinée à 45° vers le côté droit supérieur sauf dans les cas suivants :

a) Quand on atteint la première ligne, le nombre suivant est écrit sur la dernière ligne comme s'il venait immédiatement au-dessus de la première ligne.

b) Quand la dernière colonne est atteinte, le nombre suivant est écrit dans la première colonne comme s'il faisait suite à la dernière colonne.

c) Quand on atteint un élément qui est déjà occupé ou quand on atteint le carré se trouvant en haut et à droite entre la première et la deuxième ligne, le trajet de la séquence descend jusqu'à la première position inoccupée et se poursuit jusqu'à ce que tous les éléments soient placés.

Exemples

$\square$ =

1	6	8
5	7	3
9	2	4

(3 x 3)

$\square$ =

1	8	15	17	24
7	14	16	23	5
13	20	22	4	6
19	21	3	10	12
25	2	9	11	18

(5 x 5)

Décomposition en matrices de mode d'un carré magique (3 x 3)

Π_1

1		
		3
	2	

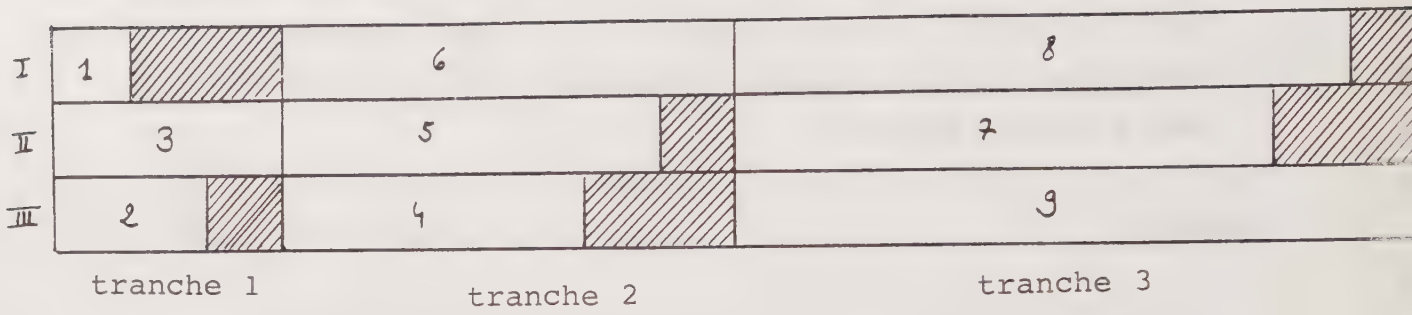
Π_2

	6	
5		
		4

Π_3

		8
	7	
9		

Représentation de l'emploi du temps correspondant à cette décomposition.



Les carrés magiques □ que l'on a soustrait successivement représentent en fait N matrices de mode (ici, N = 5).

□ =

1	8	15	17	24
7	14	16	23	5
13	20	22	4	6
19	21	3	10	12
25	2	9	11	18

M_1 =

1				
				5
			4	
		3		
	2			

M_2 =

	8			
7				
				6
			10	
		9		

M_3 =

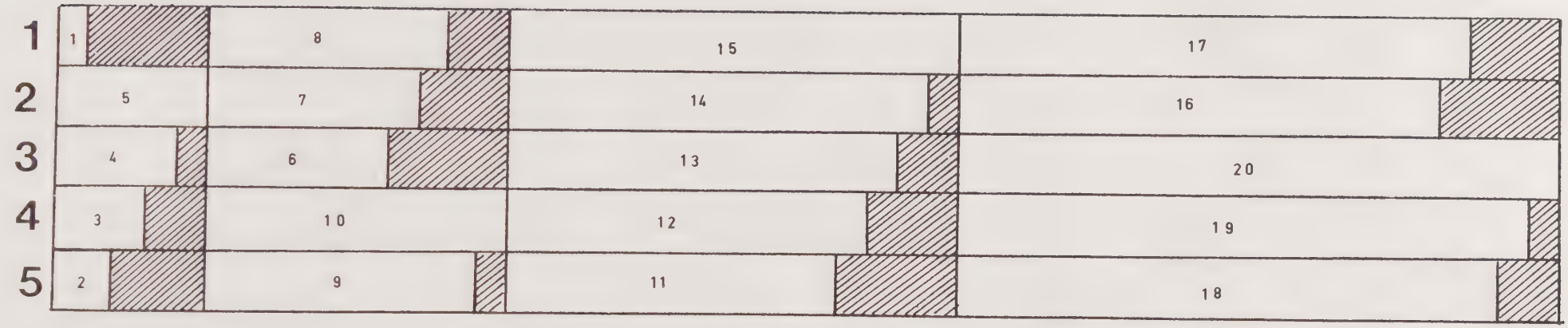
		15		
	14			
13				
				12
			11	

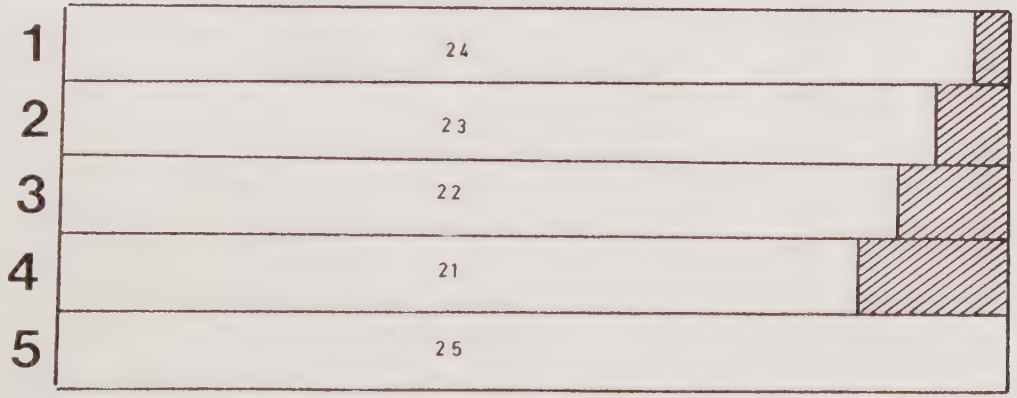
$M_4 =$

			17	
		16		
	20			
19				
				18

$M_5 =$

				24
			23	
		22		
	21			
25				





Emploi du temps correspondant à la décomposition précédente de □ en une somme de 5 matrices de mode $M_1, M_2, \ldots, M_5$.

Exemples de carrés magiques de rang 7 et 9

1	10	19	28	30	39	48
9	18	27	29	38	47	7
17	26	35	37	46	6	8
25	34	36	45	5	14	16
33	42	44	4	13	15	24
41	43	3	12	21	23	32
49	2	11	20	22	31	40

1	12	23	34	45	47	58	69	80
11	22	33	44	46	57	68	79	9
21	32	43	54	56	67	78	8	10
31	42	53	55	66	77	7	18	20
41	52	63	65	76	6	17	19	30
51	62	64	75	5	16	27	29	40
61	72	74	4	15	26	28	39	50
71	73	3	16	25	36	38	49	60
81	2	13	24	35	37	48	59	70

B - N est pair

Dans le cas des carrés magiques de dimension impaire, la méthode énoncée ci-dessus donne très facilement des carrés magiques suivant les lignes et les colonnes. Mais à notre connaissance, il n'existe pas de méthode équivalente pour les carrés de rang N pair, il nous a fallu nous contenter des carrés magiques dont seule la somme des lignes est identique.

En ajoutant à la méthode utilisée pour la construction des carrés impairs une directive supplémentaire, on est capable de construire des carrés magiques de rang N pair.

Nous ne pourrons traiter que des matrices de trafic symétriques ($\tau_{ij} = \tau_{ji}$).

Modification à apporter à la méthode précédente

Lorsque l'on rencontre une case occupée au cours du remplissage, il faut descendre verticalement (cas c) or, avec les carrés d'ordre pair, il arrive que l'on soit déjà en bas du carré, c'est-à-dire sur la dernière ligne. Lorsque l'on rencontre cette situation, placer l'entier suivant dans la plus haute case libre du carré une colonne plus à gauche par rapport à la position initiale.

Exemples de carrés magiques pairs (4, 6, 8)

$\square(4) =$

1	7	10	16
6	9	15	4
12	14	3	5
13	2	8	11

$\square(6) =$

1	9	17	20	28	36
8	16	19	27	35	6
15	24	26	34	5	7
23	25	33	4	12	14
30	32	3	11	13	22
31	2	10	18	21	29

$\square(8) =$

1	11	21	31	34	44	54	64
10	20	30	33	43	53	63	8
19	29	40	42	52	62	7	9
28	39	41	51	61	6	16	18
38	48	50	60	5	15	17	27
47	49	59	4	14	24	26	37
56	58	3	13	23	25	36	46
57	2	12	22	32	35	45	55

Décomposition en matrices de mode d'un carré magique (4 x 4)

$\Pi_1 =$

1			
			4
		3	
	2		

$\Pi_2 =$

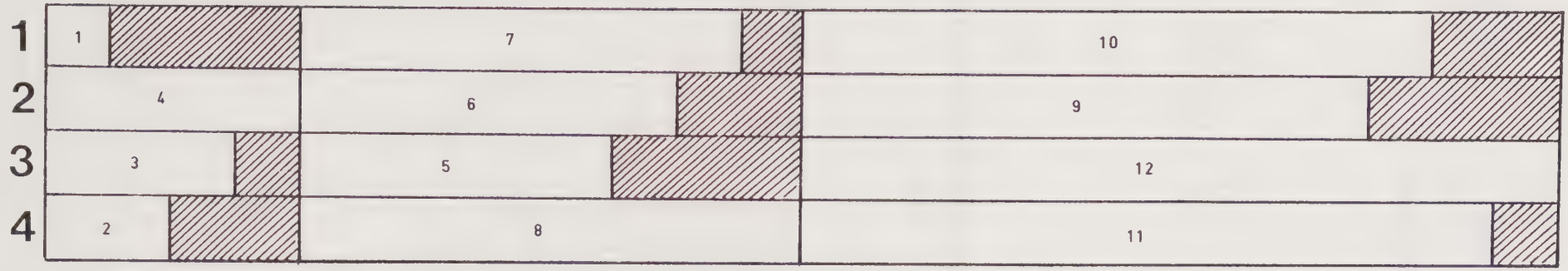
	7		
6			
			5
		8	

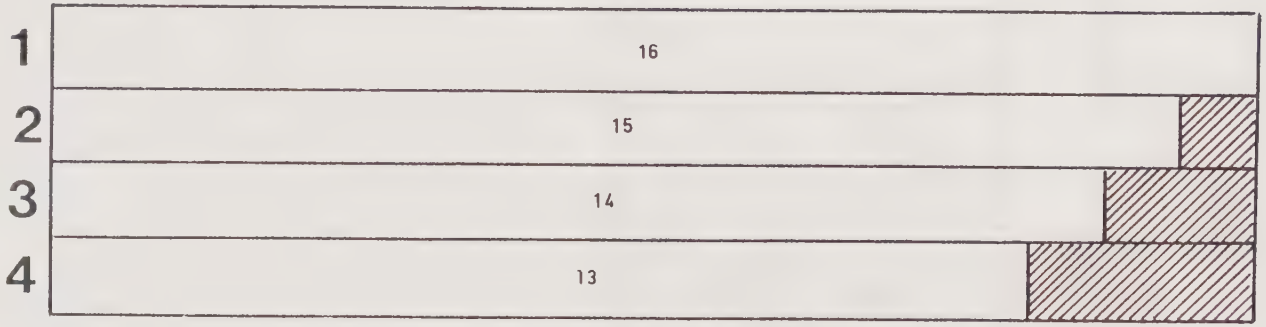
$\Pi_3 =$

		10	
	9		
12			
			11

$\Pi_4 =$

			16
		15	
	14		
13			





REPRESENTATION DE L'EMPLOI DU TEMPS CORRESPONDANT A CETTE DECOMPOSITION

Exemple : Illustration de l'utilisation des carrés magiques pour obtenir une décomposition d'une matrice de trafic T symétrique en une somme de matrices de mode

$T =$

51	74	42	29	46	242
74	62	93	4	19	252
42	93	87	24	23	269
29	4	24	83	6	146
46	19	23	6	21	115

Le trafic total est de 1024 et on place arbitrairement la limite des itérations à $\sigma = 0,25$.

Etape 1 - On construit un carré magique de même dimension que la matrice de trafic T

$\square =$

1	8	15	17	24
7	14	16	23	5
13	20	22	4	6
19	21	3	10	12
25	2	9	11	18

La somme des éléments suivant les lignes et les colonnes est la même, notée l, et se calcule par la formule suivante où N est le rang du carré magique

$$s = \frac{N\,(N^2+1)}{2} = 65$$

et la somme S de tous les éléments de $\square$ vaut :

$$S = \frac{N^2\,(N^2+1)}{2} = 325$$

Etape 2 = $\Delta'(o) = T$

Itération 1

On effectue la soustraction terme à terme de $\Delta'(o) - T$

$\Delta(1) = \Delta'(o) - \square =$

50	66	27	12	22
67	48	77	-19	14
29	73	65	20	17
10	-17	21	73	-6
21	17	14	-5	3

La somme des trafics négatifs $\sum_{i,j} (\bar{\delta}^1_{ij}) = 47$.

On transforme $\Delta(1)$ en $\Delta'(1)$ en remplaçant les valeurs négatives de $\Delta(1)$ par 0.

$\Delta'(1) =$

50	66	27	12	22
67	48	77	0	14
29	73	65	20	17
10	0	21	73	0
21	17	14	0	3

$\square_1 =$

1	8	15	17	24
7	14	16	4	5
13	20	22	4	6
19	4	3	10	6
25	2	9	6	18

On ajoute à $\square$ les éléments négatifs de $\Delta(1)$ ce qui donne la matrice $\square_1$

Calcul de σ

$$\sigma = \frac{325 - 47}{325} = 0{,}855 > 0{,}25$$

On poursuit les itérations.

Itération 2

On fait la soustraction terme à terme entre les matrices $\Delta'(1)$ et $\square$.

$\Delta(2) = \Delta'(1) - \square =$

49	58	12	-5	-2
60	34	61	-23	9
16	53	43	16	11
-9	-21	18	63	-12
-4	15	5	-11	-15

La somme des trafics négatifs vaut

$$\sum_{i,j} (\bar{\delta}_{ij}^{\,2}) = 102.$$

On transforme $\Delta(2)$ en $\Delta'(2)$

$\Delta'(2) =$

49	58	12		
60	34	61		9
16	53	43	16	11
		18	63	
	15	5		

On ajoute à $\square$ les éléments négatifs de $\Delta(2)$

$\square_2 =$

1	8	15	12	22
7	14	16		5
13	20	22	4	6
10		3	10	
21	2	9		3

Calcul de σ

$$\sigma = \frac{325 - 102}{325} = 0,686 > 0,25$$

Itération 3

On fait la soustraction terme à terme entre les matrices $\Delta'(2)$ et $\square$.

$\Delta(3)=\Delta'(2)-\square$ =

48	50	-3	-17	-24
53	20	45	-23	4
3	33	21	12	5
-19	-21	15	53	-12
-25	13	-4	-11	-18

La somme des éléments négatifs vaut $\sum_{i,j} (\bar{\delta}_{ij}^{3}) = 177$.

On transforme $\Delta(3)$ en $\Delta'(3)$.

On transforme la matrice $\Delta(3)$ en $\Delta'(3)$.

$\Delta'(3)=$

48	50			
53	20	45		4
3	33	21	12	5
		15	53	
	13			

On ajoute à $\square$ les éléments négatifs de $\Delta(3)$ ce qui donne

$\square_3$ =

1	8	12		
7	14	16		5
13	20	22	4	6
		3	10	
	2	5		

Calcul de σ

$$\sigma = \frac{325 - 177}{325} = 0,455 > 0,25.$$

Itération 4

On effectue terme à terme la soustraction entre $\Delta'(3)$ et $\square$.

$\Delta(4) =$

47	42	-15	-17	-24
46	6	29	-23	-1
-10	13	-1	8	-1
-19	-21	12	43	-12
-25	11	-9	-11	-18

La somme des trafics négatifs vaut $\sum_{i,j} (\bar{\delta}_{ij}^{4}) = 207$.

On transforme $\Delta(4)$ en $\Delta'(4)$.

$\Delta'(4) =$

47	42			
46	6	29		
	13		8	
		12	43	
	11			

On ajoute à $\square$ les éléments négatifs de $\Delta(4)$.

$\square_4$ =

1	8			
7	14	16		4
3	20	21	4	5
		3	10	
	2			

Calcul de σ

$$\sigma = \frac{325 - 207}{325} = 0,363 > 0,25$$

Itération 5

On retranche terme à terme $\square$ à $\Delta(4)$.

$\Delta(5)$ =

46	34	-15	-17	-24
39	-8	13	-23	-5
-13	-7	-22	4	-6
-19	-21	9	33	-12
-25	9	-9	-11	-18

La somme des trafics négatifs vaut

$\sum_{i,j} (\bar{\delta}^5_{ij}) = 255$.

On transforme $\Delta(5)$ en $\Delta'(5)$.

$\Delta'(5) =$

46	34			
39		13		
			4	
		9	33	
	9			

On ajoute à $\square$ tous les éléments négatifs de $\Delta(5)$.

$\square_5 =$

1	8			
7	6	16		
	13		4	
		3	10	
	2			

On calcule σ :

$$\sigma = \frac{325 - 255}{325} = 0,215 < 0,25$$

Etape 3 - Les éléments restants dans $\Delta'(5)$ sont décomposés en matrices de mode, en utilisant un algorithme "glouton".

$M_1 =$

46				
		13		
			33	
	9			

$M_2 =$

	34			
39				
			4	
		9		

Etape 4 - Décomposition des matrices $\square_1$, $\square_2$, ..., $\square_5$ en une somme de matrices de mode (M_i^k)

$\square_1 =$

1	8	15	17	24
7	14	16	4	5
13	20	22	4	6
19	4	3	10	6
25	2	9	6	18

$M_1^1 =$

1				
				5
			4	
		3		
	2			

$M_2^1 =$

	8			
7				
				6
			10	
		9		

$M_3^1 =$

		15		
	14			
13				
				6
			6	

$M_4^1 =$

			17	
		16		
	20			
19				
				18

$M_5^1 =$

				24
			4	
		22		
	4			
25				

$\square_2 =$

1	8	15	12	22
7	14	16	0	5
13	20	22	4	6
10	0	3	10	0
21	2	9	0	3

$M_1^2 =$

1				
				5
			4	
		3		
	2			

$M_2^2 =$

	8			
7				
				6
			10	
		9		

$M_3^2 =$

		15		
	14			
13				

$M_4^2 =$

			12	
		16		
	20			
10				
				3

$M_5^2 =$

				22
		22		
21				

$\square_3 =$

1	8	12		
7	14	16		5
13	20	22	4	6
		3	10	
	2	5		

$H_1^3 =$

1				
				5
			4	
		3		
	2			

$H_2^3 =$

	8			
7				
				6
			10	
		5		

$H_3^3 =$

		12		
	14			
13				

$H_4^3 =$

		16		
	20			

$H_5^3 =$

		22		

$\Pi_4 =$

1	8			
7	14	16		4
3	20	21	4	5
		3	10	
	2			

$\Pi_1^4 =$

1				
				4
			4	
		3		
	2			

$\Pi_2^4 =$

	8			
7				
				5
			10	

$\Pi_3^4 =$

	14			
3				

$\Pi_4^4 =$

		16		
	20			

$\Pi_5^4 =$

		21		

$\square_5 =$

1	8			
7	6	16		
	13		4	
		3	10	
	2			

$\mathcal{M}_1^5 =$

1				
			4	
		3		
	2			

$\mathcal{M}_2^5 =$

	8			
7				
			10	

$\mathcal{M}_3^5 =$

	6			

$\mathcal{M}_4^5 =$

		16		
	13			

$\mathcal{M}_5^5 =$

III.5. CONCLUSION

Parmi l'infinie variété des problèmes d'ordonnancement qu'il est possible d'imaginer, nous avons voulu dans ce chapitre donner au lecteur une vue d'ensemble sur les problèmes que pose la gestion d'une trame AMRT de satellite à partir d'une matrice de trafic T.

Notre but n'a pas été ici de traiter tous les problèmes possibles ni de présenter un catalogue regroupant toutes les méthodes de traitement existantes. L'entreprise aurait été de peu d'intérêt et l'espace d'un chapitre bien trop insuffisant.

Nous avons voulu que le lecteur puisse se faire une idée concrète de ces problèmes et montrer de quelle manière est généralement abordée leur résolution.

L'ensemble des problèmes de gestion de trame AMRT a été divisé en deux classes :

- les problèmes "en nombre entier",
- les problèmes "quasi-continus".

Pour ce qui est des problèmes en "nombre entier", nous avons décrit le problème type, en précisant son but et en donnant les contraintes qui s'y rapportent.

Nous avons pu montrer que tous les problèmes de cette classe sont NP-complets, en identifiant un cas particulier plus simple, à la recherche d'une coloration minimale pour les sommets d'un graphe, problème qui est connu pour être NP-complet.

Si l'on veut être en mesure de garantir l'optimalité de la solution, on n'a pas d'autre moyen que de procéder à une recherche par énumération exhaustive de toutes les solutions. Du fait de l'allongement démesuré de la durée des calculs nécessaires dès qu'augmente la taille du problème, (c'est-à-dire, la taille de la matrice de trafic à traiter) on est conduit à utiliser uniquement des méthodes de traitement basées sur des heuristiques.

Parmi ces méthodes, nous en avons décrit trois : "GLOUTON", "MAXSUM", "MAXSUP" qui utilisent un formalisme pratique de décomposition de la matrice de trafic en une somme de matrices dites "matrices de mode".

L'exposé des différentes méthodes est suivi d'une évaluation comparative des performances à l'aide d'exemples numériques. Une famille de matrices de trafic est traitée successivement par les différents algorithmes.

Dans la plupart des cas, l'écart de performance entre les méthodes reste faible.

A partir des matrices de mode générées, on peut réduire notablement la durée des emplois du temps correspondant en utilisant une stratégie de "tassement et insertion".

Ce qui amène chaque fois que l'on veut un emploi du temps de durée minimum avec une heuristique simple à utiliser une heuristique "GLOUTON" suivie d'une stratégie de "tassement et insertion".

D'autre part, nous avons traité des problèmes appartenant à la classe "quasi-continu" ; c'est-à-dire ceux pour lesquels on cherche à partir d'une matrice de trafic de rang N à construire un emploi du temps complet pour ses éléments qui soit de durée minimum et où l'on peut pour les besoins de l'ordonnancement fractionner les éléments de la matrice de trafic.

Nous avons tout d'abord décrit l'algorithme "glouton avec fractionnement" qui est une adaptation de l'algorithme "glouton" utilisé avec succès pour les problèmes en "nombres entiers" et nous avons montré pourquoi il ne conduisait pas toujours à une solution. D'autre part, nous avons décrit l'algorithme de INUKAI qui est certainement la meilleure approche possible pour les problèmes de cette classe. C'est, en effet, pratiquement la seule méthode qui garantisse d'une manière systématique, d'obtenir un emploi du temps de durée minimum quelle que soit la matrice de trafic et dont le nombre des matrices de mode généré soit borné par $(N^2 - 2N + 2)$. En fait, le nombre des matrices de mode obtenues en moyenne est bien inférieur à cette limite.

Il nous a paru intéressant de décrire la méthode d'assignation utilisant les carrés magiques surtout du fait de l'originalité de cette approche, en effet ses performances face à l'algorithme de INUKAI restent modestes.

Bien que tous les algorithmes décrits soient basés sur des heuristiques simples, on voit comment il est possible d'arriver rapidement à de bonnes solutions pour des problèmes connus pour être NP-complets. Le compromis, (rapidité de mise en oeuvre, performance obtenue) penche en faveur de telles approches.

Nous espérons pour le lecteur désireux de poursuivre plus avant les recherches sur les méthodes de gestion de trame AMRT que cette vue d'ensemble présentée dans ce chapitre l'aura utilement éclairé et qu'elle puisse servir de base de départ pour de nouveaux développements.

BIBLIOGRAPHIE

1. IEEE Trans ou Cons Vol COM.27 n° 10, p. 1449-1455, Oct. 1979.
"An Efficient SS/TDMA Time Slot Assignement Algorithm" T. INUKAI.

2. Trans IECE (in Jap.) Vol. 61-B, n° 2, p. 98-105. Fév. 1978.
"Optimal Time Slot Assignement for an SS/TDMA System", Y. Ito, Y. Orano and T. Muratani.

3. Proc. IEEE Vol. 65, n° 3, p. 411-419, March 1977.
"Analysis of a Switch Matrix for an SS/TDMA System Y. Ito, Y. Orano and T. Muratani.

4. Proc. IEEE Vol. 66, n° 12, p. 1669-1670, Déc. 1978.
"Comment en "Analysis of a Switch Matrix for an SS/TDMA System"". T. INUKAI.

5. Research Report IBM RC 8342 (# 36 289) 7/02/80, 31 pages.
"Time Slot Assignement in an SS/TDMA system with minimum switching". K.S. Natarajan and S.B. Calo.

6. Proc. 4 th Int. Conf. Digital Satellite Com. p. 194-205. Montreal 1978.
"Efficacité de l'assignation du trafic dans les systèmes avec commutation par satellite", W.W.Wu.

7. 5 th International Conf. Digital Satellite Com.
p. 387-392. Milan 1981.
"Heuristic Algorithms for TDMA Burst Assignement"
F.S. LEITE and J.P. de Almeida e Albuquerque.

8. Même référence que précédemment p. 405 à 409.
"Some Scheduling Algorithms for SS/TDMA System".
P. Camerini, F. Maffioli and G. Tartara.

9. "Computer an Job shop Scheduling Theory".
Ed. by Edward G. Coffman Jr. Wiley Interscience.

10. "Graphe et Algorithmes", M. Gondran et M. Minoux.
Collection de la Direction des Etudes et Recherches
d'E.D.F., ed. Eyrolles.

11. "Computer and Intractability".
A Guide to the theory of NP-completemess.
M.R. Garey/D.S. Johnson ed. Freeman.

12. Communication orale de M. MINOUX, CNET/Issy-les-
Moulineaux.

13. Cours de télécommunication spatiale.
CNET/CNES.

14. Encyclopedia Universalis "TELECOMMUNICATION".

15. "Physionomie et traitement des problèmes d'ordonnance-
ment". Gestion, Avril 1963 (Numéro spécial) B. ROY.

16. "Prise en compte des contraintes disjonctives dans les
méthodes de chemin critique".
Revue Française de Recherche Opérationnelle n° 38,
1966, p. 69-84. B. ROY.

17. "Les problèmes d'ordonnancement avec contraintes disjonctives".
Symposium de Recherche Opérationnelle IBM, Blaricum Décembre 1962.
NGHIEM, Ph. Tuan.

18. "Chemin et flots, ordonnancement".
Ed. Gauthier Villars.
R. Faure, C. Roucariol et P. Tolla, p. 176.

19. "Techniques et applications de la recherche opérationnelle".
Alain Martel ed. Gaetan Morin.

20. "Recherche opérationnelle".
Théorie et pratique.
G. Cullman. Ed. Masson et Cie, Eyrolles 1970.

21. "Synchronisation Methods for Satellite Switched TDMA".
G.K. Smith and B. Mazur.
ESA Journal 1981, vol. 5, n° 4.

DEUXIEME PARTIE

LE SYSTEME A SATELLITE DE ECS

CHAPITRE I - Présentation du système ECS

I.1. INTRODUCTION

I.2. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU SYSTEME ECS

I.3. LES MATRICES DE TRAFIC

I.4. CONTRAINTES DE FONCTIONNEMENT DE L'AMRT

I.5. LES PROBLEMES TRAITES

I.1. INTRODUCTION

Le système à satellite ECS (Européen Communication Satellite) assurera de 1981 jusqu'à 1990 des liaisons satellites pour le trafic téléphonique européen entre les états membres de l'Administration Européenne des Postes et Télécommunications (CEPT) l'échange de programmes de télévision en Eurovision entre les membres de l'Européen Bioadcasting Union (EBU) ainsi que d'autres services.

Pour l'écoulement du trafic téléphonique, le satellite utilisera au plus dix répéteurs, un système d'accès multiple à répartition dans le temps avec une efficacité de remplissage des trames supérieure à 90% et des concentrateurs numériques de conversation CNC.

Pendant les premières années d'utilisation du satellite la capacité effectivement demandée au système sera considérablement inférieure à celle prévue en 1990. La première génération des satellites de ECS sera des satellites de 530 kg pouvant utiliser en tout neuf répéteurs à la fois. Cependant, le satellite emportera 12 répéteurs avec un système de commutation placé en amont des antennes afin d'assurer une certaine redondance au système en cas de défaillance (cf. fig. 3 pour les commutations possibles).

Le satellite de ECS utilisera la technique d'accès multiple à répartition dans le temps (AMRT) à 120 Mbit/s pour la transmission des signaux téléphoniques ; il est prévu un espacement entre les canaux égal à 0,7 fois la cadence du bit, avec discrimination de polarisation

afin d'assurer une bonne utilisation du spectre. Les chaînes de répéteurs du satellite travailleront à saturation et les émetteurs des stations terrestres fonctionneront en régime non linéaire.

Pour plus de détails, voir les "principales caractéristiques techniques du système", présentées ci-après.

Dans les premières années de fonctionnement, le satellite ECS assurera l'interconnexion pour le trafic téléphonique entre seulement 15 stations réparties à travers l'Europe.

Elles seront désignées dans le reste du texte par le code international du pays auquel elles appartiennent ou quand la station est commune à plusieurs pays par une abréviation.

BNL	Pays du Bénélux : Belgique, Pays-Bas, Luxembourg
F	France
D	République Fédérale d'Allemagne
IRL	Irlande
NRD	Danemark, Finlande, Norvège et Suède
CH	Suisse
UK	Royaume-Unis
A	Autriche
I	Italie
CY	Chypre
GR	Grèce
TR	Turquie
YU	Yougoslavie
P	Portugal
E	Espagne

Il est prévu par la suite d'ajouter une station supplémentaire pour desservir les îles Canaries.

Chaque station dispose pour assurer l'interconnexion, entre autre, d'un émetteur et d'un récepteur capable de fonctionner indépendamment.

A bord du satellite, le système de réception est totalement banalisé, en effet toutes les stations terrestres doivent pouvoir accéder aux équipements de réémission du satellite.

L'amplification et la réémission vers la terre des signaux reçus par le satellite se fait à travers les répéteurs qui sont reliés à des antennes dont le lobe ne couvre qu'une région géographique limitée différente suivant l'antenne utilisée.

On distingue dans ce problème, trois régimes géographiques ou "zone" notées : O, E et A, suivant le découpage présenté ci-après.

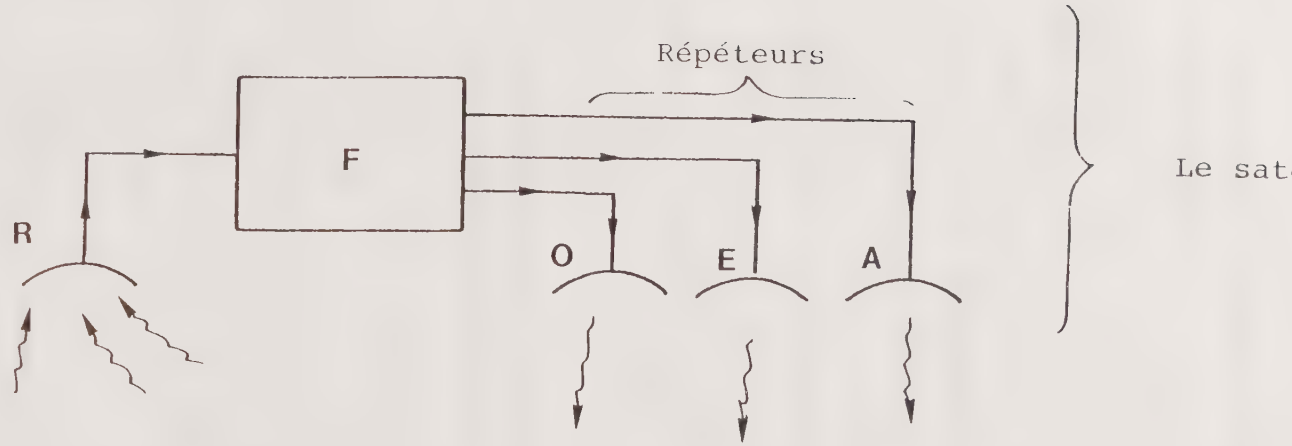
Découpage géographique des stations

Régions	Stations
Ouest	F, D, IRL, NRD, CH, UK, A
Est	I, CY, GR, TR, YU
Atlantique	P, E,(CAN)

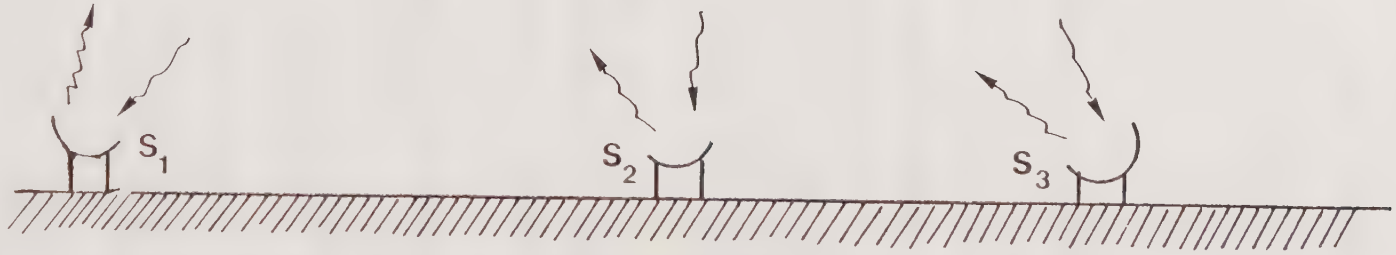
Chaque région est desservie par un groupe de répéteurs dont le nombre varie suivant l'importance du trafic global des stations de cette région.

Dans cette étude nous nous préoccuperons uniquement de l'ordonnancement des trafics téléphoniques sur les 1920 canaux qui constituent la trame AMRT.

LE SYSTEME DE TRANSMISSION E C S



Les stations terrestres



R : récepteur banalisé du satellite

F : système de filtre orientant les trafics vers des différents groupes de répéteurs.

O, E et A : Désignent les trois groupes de répeteurs (Ouest, Est et Atlantique).

I.2. PRINCIPALES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU SYSTEME ECS

1. Générales

Capacité :

1°) 17000 circuits téléphoniques en 1990

2°) au moins deux circuits de télévision disponibles en permanence et quelques possibilités d'autres canaux TV temporaires.

Couverture :

Voir la carte

Nombre de stations :

Environ 15

Modulation :

1°) Téléphonie à 120 Mbit/S AMRT

2°) Télévision analogue à FM

Fréquences :

Montante 14 GHz

Descendante 11 GHz

Largeur de bande :

500 MHz étendu à 1000 MHg par séparation des polarisations.

2. Satellite

Canaux :

12 canaux identiques séparés de 83,33 MHz

Antennes :

voir dessin

1°) 3 faisceaux pour la téléphonie Ouest, Est et Atlantique

2°) 1 faisceau européen pour la TV.

Puissance de transmission :

20 w par canal.

3. Stations terrestres

Diamètre des antennes :

15 à 18 m

Puissance de l'émetteur :

2 kw par canal

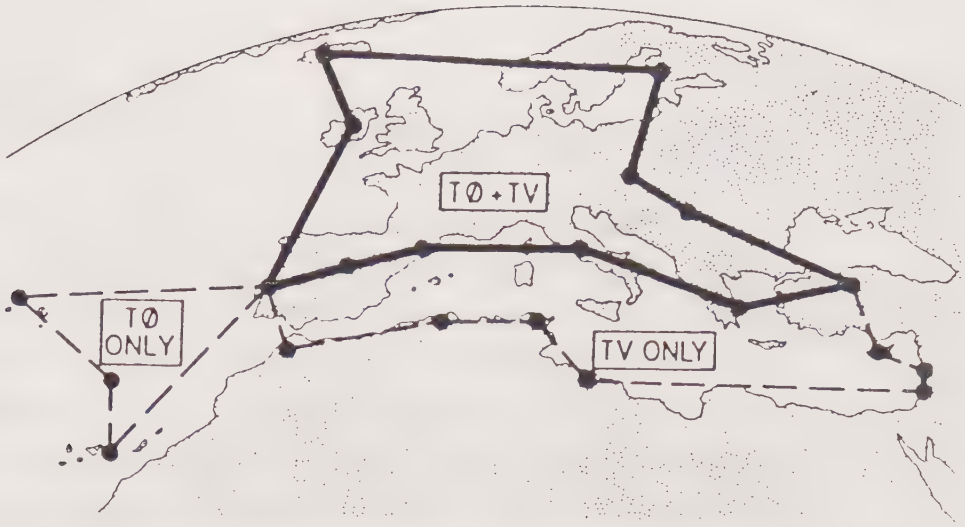
Récepteur :

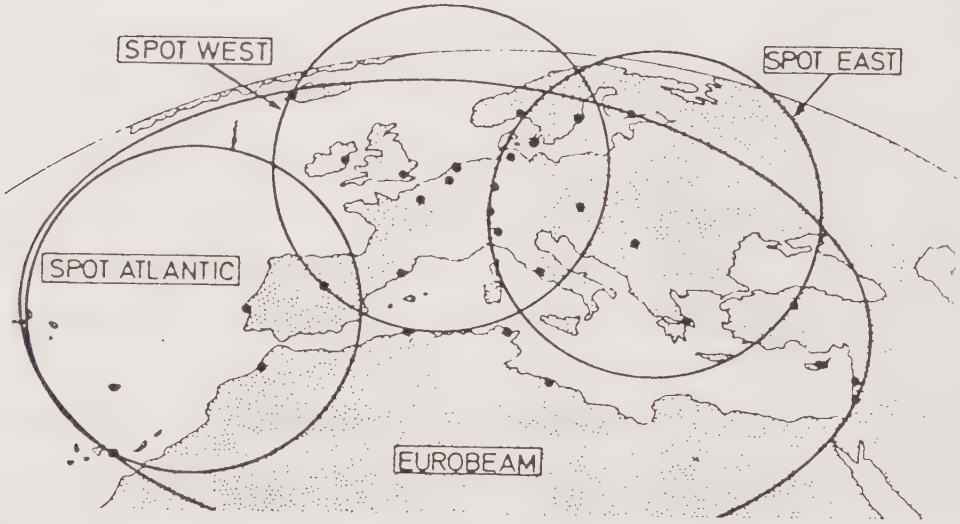
Amplificateur paramétrique non refroidi 200 K

4. Performances téléphoniques

Taux d'erreur sur les bits	disponibilité
$< 1.10^{-6}$	80 % du plus mauvais mois
$< 1.10^{-4}$	99,7 % du plus mauvais mois
$< 1.10^{-3}$	99,99% de n'importe quelle année

Telephony and television coverage





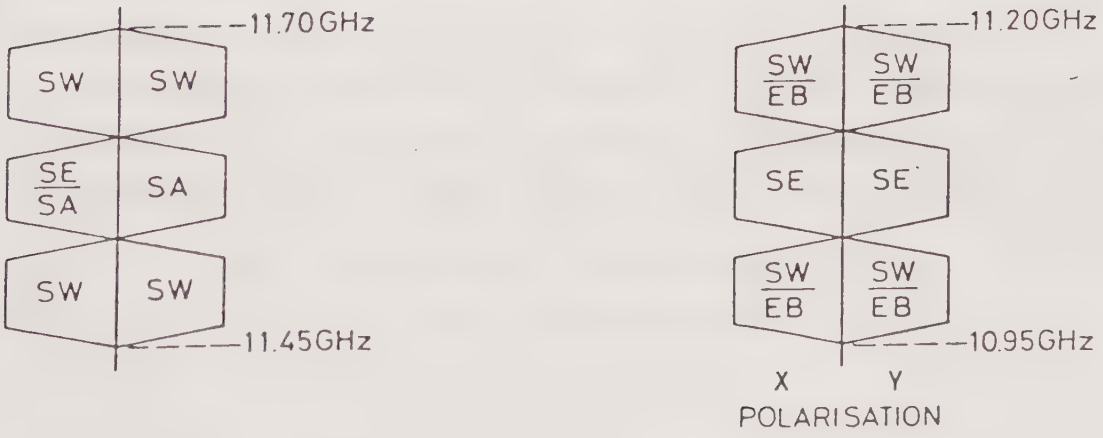


Figure 3. Repeater switching plan (example)

EB = Eurobeam
SE = Spotbeam East
SW = Spotbeam West
SA = Spotbeam Atlantic

I.3. LES MATRICES DE TRAFIC

Les besoins des utilisateurs sont définis a priori sous forme de matrices de trafic, souvent notée T.

Dans le cas du système à satellite de ECS, il s'agit d'une prévision annuelle sur le nombre de circuits téléphoniques dont veulent disposer en permanence les différentes stations entre elles.

On y distingue du trafic de deux types différents suivant que l'on a ou pas la liberté de les coder pour la transmission avec un équipement CNC (Concentrateur Numérique de Conversation). Les trafics sont appelés respectivement "trafic CNC" et "trafic non CNC". Les données du problème sont de 1983 à 1990, 2 matrices (15 x 15) ; une pour le trafic CNC et une autre pour le trafic non CNC.

Certains utilisateurs ne veulent pas que leur trafic soit acheminé multiplexé avec d'autres à travers le même équipement CNC. A cela plusieurs raisons.

A. La nature du trafic

Lorsqu'il s'agit d'un trafic de données de télex, de télégraphe, etc., la transmission se fait sans temps mort, les lignes sont pleinement occupées. L'utilisation d'équipements CNC ne se justifie pas et n'est d'aucune utilité.

B. La garantie du secret

Pour des utilisateurs tels que : Banques, Ambassades, Militaires, Sociétés, etc., qui souhaitent préserver le secret de leurs transmissions, le multiplexage de leurs trafics avec d'autres utilisateurs à travers un équipement CNC n'offre pas toutes les garanties voulues. On peut imaginer une "défaillance" du système CNC qui pourrait amener d'autres utilisateurs à connaître des trafics qui ne leur sont pas destinés.

I.4. CONTRAINTES DE FONCTIONNEMENT DE L'AMRT

Au sol, chaque station ne dispose pour écouler son trafic que d'un seul émetteur et d'un seul récepteur ; à un instant donné, une station ne peut recevoir du trafic que d'un seul répéteur donc d'une seule station. De même à l'émission, une station ne peut pas émettre simultanément vers plusieurs répéteurs.

L'émission et la réception sont cependant indépendantes et simultanées ; à un même instant la station vers laquelle on émet et celle que l'on reçoit peuvent être différentes.

Les paquets de trafic sont précédés sur la trame d'un préambule occupant quelques canaux qui servent à la signalisation de ce paquet. Il faut de plus ménager sur la trame un petit temps mort entre les paquets successifs pour éviter un éventuel chevauchement dans le cas d'une imprécision de la synchronisation.

L'ordre dans lequel les paquets doivent se trouver sur la trame est totalement décrit par l'algorithme de gestion de trame, il est fixé une fois pour toute à partir des matrices de trafic.

L'aiguillage des paquets de trafic vers les répéteurs est commandé à partir du sol par le choix d'une fréquence d'émission. (Saut de fréquence à l'émission), ce qui permet à une station d'atteindre et donc d'utiliser tous les répéteurs. A chaque répéteur correspond une fréquence caractéristique, la séelction d'un répéteur se faisant à bord par un système de filtre.

Pour éventuellement faciliter l'ordonnancement on a la liberté de couper les paquets de trafic en un ou plusieurs fragments comptant un nombre entier de CS (Circuit Satellite). Chacun des fragments doit obligatoirement être précédé d'un préambule de longueur fixe comportant quelques canaux, ce qui rallonge d'autant le trafic total à transmettre.

I.5. LES PROBLEMES TRAITES

A partir des matrices de trafic "CNC" et "non CNC" et compte tenu des contraintes techniques de fonctionnement du système AMRT, nous avons recherché année par année un emploi du temps optimal pour la trame, permettant d'utiliser au mieux les capacités des répéteurs.

Dans le chapitre II, nous avons cherché une solution au problème d'ordonnancement des trafics uniquement "non CNC" laissant momentanément de côté les problèmes de fractionnement des paquets de trafic.

Par rapport aux problèmes d'école étudiés dans la partie précédente, les différences fondamentales sont :

A. La couverture des stations par chaque répéteur n'est pas complète, un groupe de répéteurs est affecté exclusivement à la desserte d'une zone géographique limitée, un autre groupe de répéteurs à une autre zone, etc.

Cette répartition est fixée et concrétise l'orientation spécifique des antennes du satellite utilisant un faisceau étroit qui ne peuvent plus être banalisées.

B. Le nombre des répéteurs du satellite n'est plus égal au nombre des stations, un groupe de stations se partage un nombre, généralement plus petit, de répéteurs.

Le chapitre III reconsidère le problème dans toute sa complexité en tenant compte des trafics "non CNC". En plus de la minimisation du nombre des répéteurs à utiliser, il a fallu minimiser le nombre des équipements CNC pour un trafic et un nombre de répéteur donné. C'est un problème multicritères qui ne possède pas une solution unique, c'est pourquoi nous avons préféré présenter à l'utilisateur une famille de solutions d'ordonnancement constituant un compromis entre le nombre de répéteurs et celui des équipements CNC, les deux minimisations allant l'une à l'encontre de l'autre.

L'aspect combinatoire extrêmement grand de ce type de problème interdit toutes les recherches systématiques des solutions. Nous avons utilisé les heuristiques présentées précédemment en les adaptant aux problèmes spécifiques traités. L'algorithme développé doit conduire à partir des matrices de trafic "CNC" et "non CNC" à la

donnée du plan de charge complet des répéteurs et des stations, compte tenu de toutes les contraintes précitées.

L'approche heuristique a l'avantage d'être simple et rapide à mettre en oeuvre tout en conduisant néanmoins à des ordonnancements très proches de l'optimum théorique.

CHAPITRE II - Traitement des trafics non CNC

II.1. INTRODUCTION

II.2. LA RESOLUTION DU PROBLEME

II.3. CALCUL DE LA LIMITE INFERIEURE POUR LA LONGUEUR EFFECTIVEMENT OCCUPEE SUR LA TRAME

II.4. ALGORITHME DE TRAITEMENT APPLIQUE A LA MATRICE DE TRAFIC T.

II.1. INTRODUCTION

Ce chapitre est une première étape dans la recherche d'une solution complète au problème d'ordonnancement. Il n'a pas d'intérêt propre pour les utilisateurs du système EUTELSAT puisqu'il correspond à un problème plus simple que le problème réel. Nous avons cependant préféré aborder la résolution de ce difficile problème en considérant tout d'abord uniquement le trafic comme étant "non CNC". Une fois cet aspect résolu, nous avons adapté notre algorithme au problème complet (chapitre III).

La matrice de trafic est T de rang N.

Avec : $T = (\tau_{ij})$

$\tau_{ii} = 0 \quad \forall i \in [1,N]$ diagonale nulle

et $\tau_{ij} = \tau_{ji} \quad \forall (i,j) \in [1,N]$ matrice symétrique.

II.2. LA RESOLUTION DU PROBLEME

Afin d'éviter sur la trame AMRT une prolifération incontrôlée des préambules supplémentaires inutiles, nous avons arbitrairement décidé de ne pas fractionner des paquets de trafic. Le problème d'ordonnancement est traité en "nombres entiers".

Parmi les méthodes heuristiques décrites (cf. III.2.5.) nous avons utilisé l'algorithme "GLOUTON", ses performances sont aussi élevées que celles des autres méthodes bien que sa complexité soit la plus faible.

La décomposition de la matrice de trafic T en une somme de matrices de mode est suivie d'une assignation sur la trame qui utilise la stratégie "tassement et insertion" (cf. III.3.) afin de réduire au minimum la durée des emplois du temps obtenus.

Les matrices de trafic T sont ici symétriques ($\tau_{ij} = \tau_{ji}$), il s'agit en effet de trafic téléphonique et l'on souhaite disposer entre les stations du même nombre de circuits pour les deux sens de transmission.

La diagonale des matrices de trafic est nulle ($\tau_{ii} = 0$) aucune station n'utilise le satellite pour converser avec elle-même.

La qualité de l'heuristique n'est pas affectée si l'on décide d'assigner avec la même priorité, les trafics symétriques τ_{ij} et τ_{ji}.

Nous avons, d'autre part, légèrement modifié la méthode heuristique "GLOUTON" afin de la rendre dynamique.

A chaque étape, la plus grande priorité est donnée à la station qui a le plus fort trafic et pour cette station au trafic le plus important. Le but est de réduire autant que possible les problèmes d'assignation au voisinage de la saturation de la trame AMRT.

Une fois achevée la décomposition de la matrice de trafic en une somme de matrices de mode, le problème d'affectation n'est pas achevé. Il faut encore procéder à partir des éléments des matrices de mode à une affectation des trafics sur la trame AMRT en utilisant une stratégie de "tassement et insertion". Le problème auquel on est ici confronté est légèrement différent de celui présenté (cf. III.3.).

D'une part, les répéteurs ne sont plus banalisés, chaque répéteur ne peut desservir qu'un groupe de stations et toujours les mêmes ; d'autre part, le nombre des répéteurs disponibles pour couvrir l'ensemble des stations n'est plus égal aux nombres des stations terrestres mais inférieur.

On procède à l'ordonnancement des trafics sur la trame AMRT du satellite de la manière suivante :

- Les matrices de mode sont considérées successivement dans l'ordre dans lequel elles ont été générées par la méthode heuristique de décomposition.
- Les éléments d'une matrice de mode (trafics) sont pris dans l'ordre décroissant de leur taille.
- Chaque trafic est assigné sur la trame AMRT suivant une stratégie de "tassement et insertion" portant seulement sur le groupe de répéteurs du satellite desservant la zone dans laquelle se trouve la station destination du trafic.

II.3. CALCUL DE LA LIMITE INFERIEURE POUR LA DUREE DE L'EMPLOI DU TEMPS COMPLET SUR LA TRAME

Si T_f désigne la plus petite durée nécessaire pour achever - sans conflit - transmission complète de tous les éléments d'une matrice de trafic

$$T_f = \text{Max} \left[T_{f1}, T_{f2} \right]$$

A. T_{f1} est la limite généralement rencontrée lorsque le nombre des répéteurs du satellite est égal ou légèrement inférieur aux nombres des stations du réseau et lorsque une station particulière a un trafic total plus important que les autres

$$T_{f1} = \underset{j \in [1,N]}{\text{Max}} \left[\sum_{i=1}^{N} \tau_{ij} \right]$$

B. T_{f2} peut dominer T_{f1} lorsque le nombre des répéteurs est nettement inférieur au nombre des stations du réseau. De nombreuses stations se partagent avec chacune un faible trafic le service d'un petit groupe de répéteurs

$$T_{f2} = \underset{\ell \in \{O,E,A\}}{\text{Max}} \left[\left(\frac{1}{f_\ell - d_\ell} \right) \sum_{j=d}^{f_\ell} \left(\sum_{i=1}^{N} \tau_{ij} \right) \right]$$

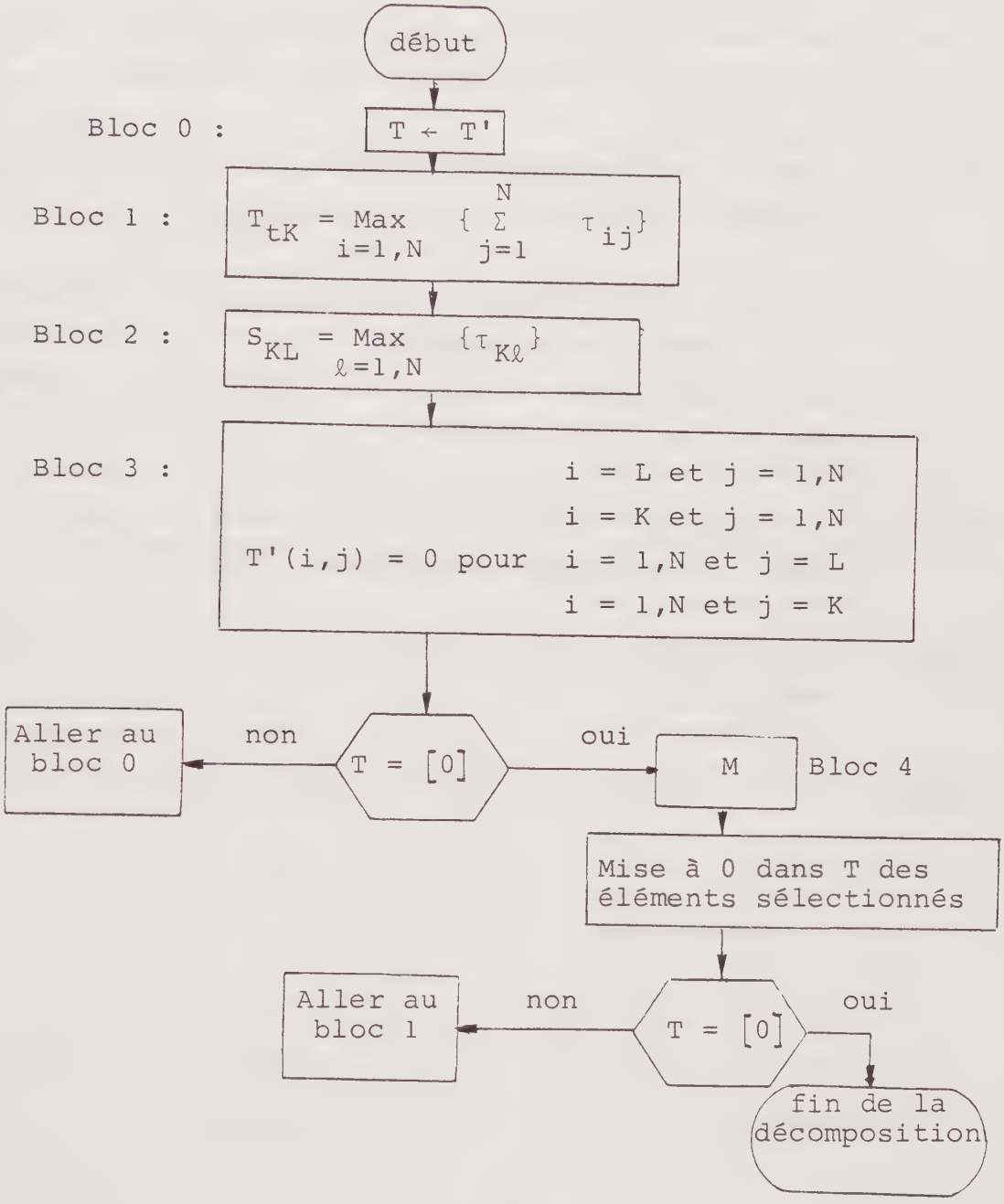
$\{O,E,A\}$ désigne les zones (Ouest, Est et Atlantique) de couverture des 3 groupes de répéteurs du satellite

d_ℓ et f_ℓ désignent respectivement les numéros des premiers et derniers répéteurs de la zone ℓ.

$(f_\ell - d_\ell)$ est le nombre de répéteurs affecté à la desserte des stations de la zone ℓ.

II.4. ALGORITHME DE TRAITEMENT APPLIQUE A LA MATRICE DE TRAFIC T

"Greedy dynamique sans fractionnement"



Pour la description des différents blocs voir ci-après.

Description de la décomposition

Bloc 0 : transfert de la matrice T dans une matrice de calcul auxiliaire T'.

Bloc 1 : on donne à la station "K" la priorité car c'est celle qui a le plus gros trafic à écouler.

Bloc 2 : quand c'est possible, on sélectionne avec la même priorité les trafics symétriques τ_{KL} et τ_{LK}.

Bloc 3 : on met à 0 les lignes et colonnes correspondantes aux éléments sélectionnés. C'est le critère retenu pour éviter les conflits en n'ayant qu'un élément par ligne et par colonne.

Bloc 4 : la matrice de mode M est constituée par les éléments sélectionnés précédemment dans T.

Bloc 5 : les éléments qui ont été sélectionnés sont retranchés à T.

Note : L et K sont souvent appelés ligne et colonne critiques.

Exemple de décomposition

$T =$

	20	5	6	2	33
20		3	4		27
5	3		1	10	19
6	4	1		12	23
2		10	12		24

total : 126

$\Pi_1 =$

	20			
20				
				12
			12	

$\Pi_2 =$

			6	
				10
6				
		10		

$\Pi_3 =$

		5		
			4	
5				
	4			

$\Pi_4 =$

				2
		3		
	3			
2				

$\Pi_5 =$

			1	
		1		

Constitution de la trame correspondante

A partir des matrices de mode produites par l'algorithme "Greedy Dynamique sans fractionnement" nous pouvons procéder à 3 types d'ordonnancement.

A. Juxtaposition de tranche sans recouvrement.

B. Tassement.

C. Tassement et insertion.

La description de ces procédés a été présentée dans la première partie (cf. III.3) ainsi que les différents plans de charge correspondants.

Les rendements correspondants aux différentes méthodes varient d'un exemple à l'autre mais pour un même exemple, on peut écrire :

$$R_A \leqslant R_B \leqslant R_C$$

R_A, R_B et R_C sont respectivement les rendements de remplissage de la trame obtenue par la méthode A, B et C.

CHAPITRE III - Traitement des trafics non CNC et CNC

III.1. INTRODUCTION

III.2. CONCENTRATEURS NUMERIQUES DE CONVERSATION CNC

III.3. LA RESOLUTION DU PROBLEME

III.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous décrirons tout d'abord le principe de fonctionnement des équipements CNC (Concentrateur Numérique de Conversation). En effet, ce type d'équipement peut être utilisé dans le système à satellite de ECS. L'utilisation notamment pour les "paquets de trafic à destination multiple" a entraîné de nouvelles contraintes dont il faut tenir compte dans notre ordonnancement.

Le but du problème d'ordonnancement des trafics sur la trame AMRT étant de minimiser le coût global de la transmission on cherche pour ce faire à réduire autant que possible le nombre des répéteurs à utiliser et le nombre des équipements CNC nécessaires, pour un trafic donné.

III.2. LES EQUIPEMENTS "CONCENTRATEURS NUMERIQUES DE CONVERSATIONS" OU CNC

Une conversation téléphonique entre deux usagers est une liaison bilatérale nécessitant deux voies de transmission, soit une pour chaque sens.

L'analyse statistique d'un grand nombre des conversations téléphoniques a montré qu'en moyenne une voie n'est effectivement utilisée que pendant une durée inférieure à 40% de la durée totale de la communication. Ce phénomène est facile à comprendre si l'on considère que dans une conversation téléphonique ordinaire quand un usager parle, l'autre l'écoute ce qui donne déjà un taux d'occupation de voie de 50% et de plus entre chaque échange il subsiste un léger temps mort avant que l'autre usager reprenne la parole. Donc pendant plus de 60% du temps, les voies restent bloquées sans être utilisées. Pour un système de transmission numérique tel que la MIC (Modulation par Impulsion Codée), la puissance requise pendant la durée de la communication est la même qu'il y ait ou pas d'information transmise sur les lignes.

Depuis longtemps déjà on utilise sur les cables sous-marins des concentrateurs de conversation qui permettent pratiquement de doubler leur capacité nominale de transmission.

Le principe d'un tel équipement est simple, une voie de transmission n'est effectivement accordée à un usager que s'il transmet de l'information. Pour ce faire, on dispose à chaque extrémité de la ligne, un détecteur de parole. Il a pour fonction de déterminer si oui ou non, de l'information est émise.

Une même voie de transmission peut donc être successivement utilisée par plusieurs usagers, il est donc important qu'à chaque affectation d'un usager sur une voie donnée, le système adresse un message de signalisation aux équipements placés en réception afin que ceux-ci puissent établir les connexions correspondantes sur les circuits terrestres.

Etant donné le coût élevé d'un circuit satellite, de tels dispositifs concentrateurs ont été utilisés. Ils sont placés en interface entre les lignes terrestres et les canaux satellite.

Il est facile de mettre une extrémité émission en liaison simultanée avec plusieurs extrémités en réception et chaque extrémité réception en liaison simultanée avec plusieurs extrémités émission. Ce mode de fonctionnement est appelé multidestinations. Les voies du satellite issues d'une station, qui composent l'ensemble sur lequel s'effectue la concentration a une destination qui varie au gré des bribes de parole. Un circuit terrestre reste toujours relié au même circuit terrestre distant, ce sont seulement les voies satellites (canaux) par lesquels passent les bribes de conversation qui varient au cours du temps.

Ce système présente les avantages caractéristiques de l'affectation à la demande, lorsqu'aucune information n'est transmise d'un usager à un autre, aucun canal satellite n'est utilisé. Il permet d'assurer des conversations avec un nombre de lignes inférieur au nombre des conversations.

Les équipements concentrateurs, de par leur principe de fonctionnement, ont besoin d'être relié à un nombre suffisamment grand de lignes.

Le regroupement sur un même équipement concentrateur des liaisons ayant même destination s'appelle la concentration des conversations multidestinations. Il permet de bénéficier de la concentration sur l'ensemble des lignes alors que pris séparément, chaque groupe de liaison monodestination ne comportait peut être pas un nombre suffisant de liaisons pour être concentré.

L'efficacité des concentrateurs de conversation augmente avec le nombre de lignes qui y sont connectées.

Il peut arriver lorsque le nombre des conversations en phase active excède celui des lignes disponibles en sortie à ce qu'une partie des bribes de conversation soit perdue. Afin qu'un tel événement ait une probabilité d'existence aussi faible que possible, on doit choisir un rapport de concentration pas trop élevé, c'est-à-dire :

$\frac{\text{nombre de canaux terrestres}}{\text{nombre de canaux satellite}}$: pas trop grand.

C'est la pente sur le graphe (fig. p. 269)

Le rapport de concentration ou gain constitue une mesure de l'efficacité de la concentration. Il augmente avec le nombre de lignes car il peut s'effectuer entre les voies une compensation statistique d'autant meilleure qu'elles sont nombreuses.

La saturation du canal utilisé pour la signalisation peut aussi produire la perte d'une partie des conversations. C'est pour cela que l'on veille d'un point de vue technologique à le dimensionner afin que cette éventualité garde une faible probabilité d'existence.

Le dispositif concentrateur numérique de conversation est placé comme interface entre les circuits terrestres et le terminal AMRT proprement dit. Ils sont conçus pour concentrer dans un rapport 2 les voies terrestres dont le nombre est compris entre 60 et 240. La valeur exacte du gain est donnée par la figure

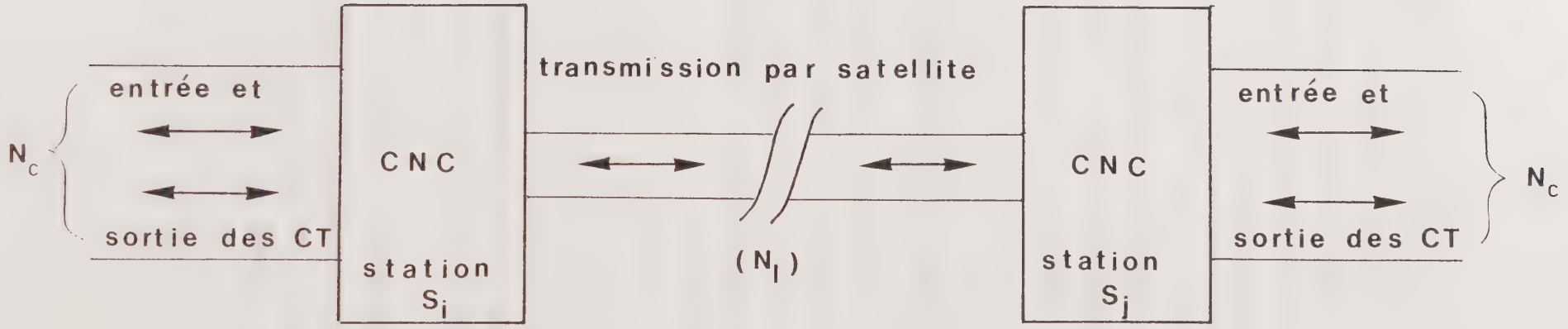
de 0 à 30 VT, le CNC n'amène aucune réduction
de 30 à 60 VT, le rapport de concentration passe progressivement de 1 à 2
de 60 à 240 VT, le rapport de concentration vaut 2.

Contrainte de réciprocité des équipements CNC

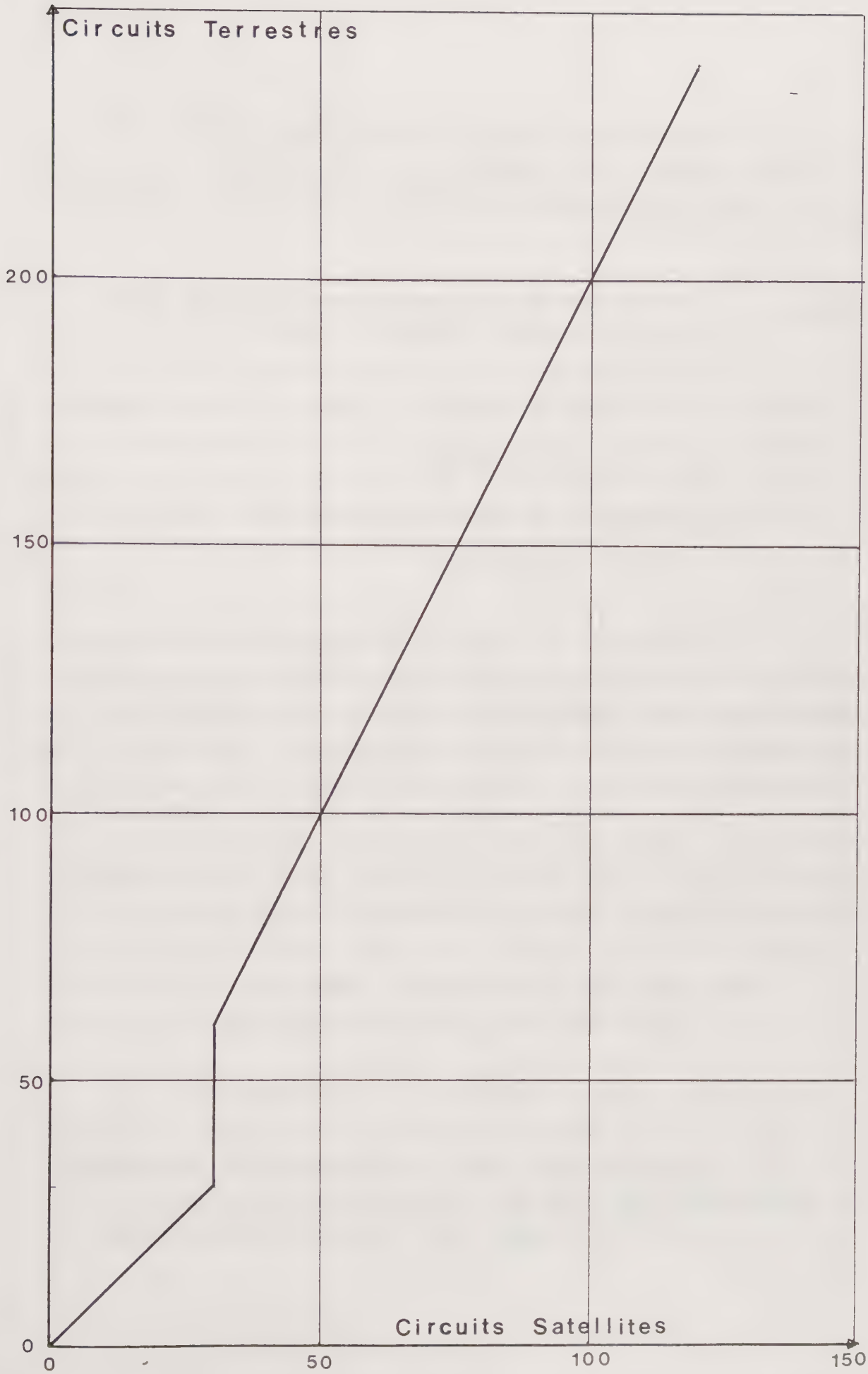
Le trafic EUTELSAT que nous considérons est de la téléphonie, la matrice de trafic T correspondante est symétrique, on en déduit que le nombre de canaux à assurer de la station i vers la station j est le même que de la station j vers la station i.

Supposons que l'on ait à assurer de i vers j une liaison représentant x canaux et que l'on passe pour le codage par un équipement CNC A . Il faut impérativement que le trafic symétrique de x canaux de j vers i passe par ce même équipement A .

On a précédemment signalé la liberté de fractionnement des paquets de trafic, ceci reste vrai pour du trafic transmis par un CNC mais à condition de garder le même découpage pour les paquets symétriques.



concentration numérique des conversations



GAIN OBTENU AVEC UN DISPOSITIF CONCENTRATEUR DE CONVERSATION.

Afin de mieux utiliser la capacité maximum d'un équipement qui est de 240 canaux, il est possible de grouper plusieurs paquets destinés à différentes stations d'une même région.

Exemple : A l'émission de la station supposons que nous ayons les trafics suivants à émettre

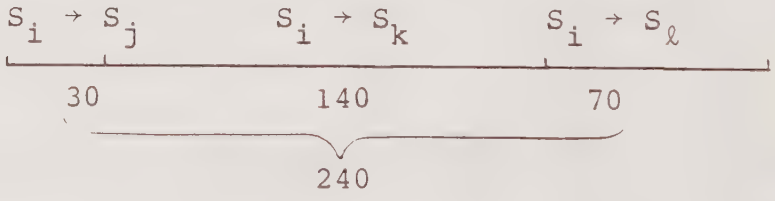
$(S_i \rightarrow S_j) = 30$ canaux

$(S_i \rightarrow S_k) = 140$ canaux

$(S_i \rightarrow S_\ell) = 70$ canaux

total $= 240$ canaux

On pourrait utiliser 3 équipements CNC pour la transmission de ces trafics mais cela représente un double désavantage tout d'abord 3 équipements sont nécessaires au lieu d'un, de plus il n'est pas possible d'utiliser le rapport de compression maximum de 2 pour tous les paquets (ex. : $S_i \rightarrow S_j$). Le groupement de ces trois paquets permet d'utiliser un seul équipement pour le codage et donc la transmission sur seulement 120 canaux. Nous formons donc le groupement suivant qui est codé comme un seul bloc



Le prix à payer pour cet avantage, de groupement de paquets en bloc, est que les stations S_j, S_k et S_ℓ sont contraintes de bloquer leur récepteur pendant toute

la durée du bloc pour pouvoir décoder et retrouver la partie qui les concerne, soit pendant une période plus longue que le message qui leur est effectivement destiné.

III.3. LA RESOLUTION DU PROBLEME

Si l'on veut résoudre le problème dans toute sa complexité en minimisant à la fois le nombre des répéteurs et des équipements CNC, il faut pouvoir utiliser la possibilité qu'offre le système CNC de transmettre par l'intermédiaire d'un même équipement CNC des fragments de trafic vers différentes destinations.

Il faut développer une stratégie de fractionnement et de regroupement des paquets de trafic conjointement avec une méthode d'ordonnancement. Les paquets de trafic CNC mono ou multidestinations peuvent être considérés comme des tâches entre lesquelles n'existent que des contraintes de disjonctions. C'est un problème de coloration minimale du graphe des conflits déjà évoqué (II.3.2. et III.7). Dans le cas de deux machines, des solutions approchées peuvent être trouvées par l'algorithme heuristique RD mais la généralisation à un plus grand nombre de machines est très difficile. C'est cependant la méthode d'ordonnancement qui pourrait nous donner une stratégie efficace pour la constitution des paques CNC-multidestinations.

En considérant l'algorithme RD (cf. III.7), on constate que ce sont les paquets comportant un grand nombre de destinations qui vont être les plus difficiles à placer, car ayant le plus grand nombre de conflits avec les autres paquets, voire totalement en conflit.

Un paquet de trafic en conflit avec beaucoup d'autres crée lorsqu'on l'assigne sur la trame une perte deplace potentielle d'autant plus grande que le nombre des répéteurs est élevé et que le nombre des conflits avec les autres paquets est grand. Ceci est dû à l'impossibilité d'assigner dans la même tranche de temps sur l'un quelconque des répéteurs un autre paquet qui soit en conflit. Cet aspect doit être mis en balance avec le gain de place apporté par le système CNC qui dans le meilleur des cas reste plafonné à 2.

D'autre part, les paquets CNC-multidestinations proviennent en majorité de stations à faible trafic à destination des stations à fort trafic. Ces stations ont souvent leur récepteur proche de leur capacité maximale (capacité maximale de la trame 1920 CS). Contraindre une telle station à rester bloquée en réception sur un paquet CNC multidestination pendant un temps plus grand que la durée du trafic qui lui est réellement destiné peut "coûter" très cher à l'ordonnancement allant jusqu'au blocage par étranglement en fin d'assignation "bottle neck". De plus, le gain en CS d'un équipement CNC sur un petit paquet n'est pas d'un grand intérêt.

Compte tenu des remarques précédentes, il nous a paru préférable de ne pas constituer de paquet CNC multi-destinations.

Avant toute décomposition, les éléments de la matrice de trafic CNC subissent un test de comparaison avec un seuil fixé arbitraitement. Les éléments supérieurs à ce seuil doivent utiliser un ou plusieurs équipements CNC - suivant leur importance - pour être transmis ; les autres sont considérés comme du trafic non CNC.

L'assignation se fait ensuite à partir des deux matrices CNC et non CNC de la même manière qu'il a été décrit dans le chapitre II. Dans la matrice des trafics CNC, les éléments au-dessus du seuil sont réduits de moitié ceci étant dû à la concentration par les CNC.

CHAPITRE IV - Données numériques, résultat et programme de traitement

IV.1. INTRODUCTION

IV.2. TRAITEMENT COMPLET DES MATRICES DE TRAFIC DE 1983 A 1990 AVEC UN SEUL DE 60

IV.3. METHODE D'EXPLOITATION DU PROGRAMME "SAT-ECS"

IV.4. LISTING DU PROGRAMME "SAT-ECS" ET ALGORITHME.

IV.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre se trouvent regroupés les données et les résultats des ordonnancements obtenus par l'algorithme. Le traitement couvre les années 1983 à 1990. Pour chaque année, on trouve regroupé :

1. La matrice des trafics CNC (exprimé en CS).

Les lignes (xxxxxxxxx) montrent la séparation en 3 zones : Ouest {BNL, F, D, IRL, NRD, CH, UK, A} ; Est {I, CY, GR, TR, YU} et Atlantique {P, E}.

2. La matrice d'utilisation des CNC

Au lieu des trafics on trouve l'une des trois indications suivantes :

a) "OUI" on utilise un équipement CNC pour transmettre ce trafic

b) "NON" on n'utilise pas d'équipement CNC

c) "..." le trafic était nul.

3. La matrice des trafics concentration

Ce qui correspond en général à une réduction par 2 du nombre des circuits nécessaires, dans le cas où ce nombre est impair il faut un CS de plus.

4. La matrice des trafics non CNC.

5. Le plan de charge répéteur par répéteur en indiquant pour chaque paquet sa provenance, sa destination, sa taille et s'il utilise un CNC.

6. Le plan de charge des stations en indiquant station par station, la destination du paquet à émettre, sa taille, le répéteur utilisé, la position du paquet repéré par le début et la fin et s'il utilise un équipement CNC.

Ces résultats s'entendent pour un seuil arbitraire de 60 CS, un autre ordonnancement peut être obtenu en fixant différemment ce seuil. Pour des raisons de place, nous avons résumé les résultats des compromis entre le nombre des répéteurs et celui des équipements CNC sous forme de graphique. En abscisse est porté : le nombre d'équipements CNC et en ordonné : le nombre de répéteurs minimum nécessaire. Les points de fonctionnement marqués par "0", correspondent aux minimums à la fois pour le nombre de CNC et de répéteurs ; c'est l'utilisateur qui choisit l'un de ces points. Le paramètre de cette fonction étant le seuil que l'on fixe arbitrairement.

IV.2. TRAITEMENT COMPLET DES MATRICES DE TRAFIC DE 1983 à 1990 AVEC UN SEUIL DE 60

MATRICE DES TRAFICS DSI POTENTIELS

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	0	65	0	0	12	58	0	30	0	0	24	70
F	0	0	0	0	290	0	0	30	142	0	0	0	0	126	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IRL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NRD	65	290	0	0	0	0	21	57	115	0	106	0	0	19	73
CH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UK	0	0	0	0	21	0	0	43	230	0	132	0	0	42	0
A	12	30	0	0	57	0	43	0	0	0	16	0	0	0	10
I	58	142	0	0	115	0	230	0	0	0	18	0	0	15	0
CY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR	30	0	0	0	106	0	132	16	18	0	0	0	0	9	0
TR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
YU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	24	126	0	0	19	0	42	0	15	0	9	0	0	0	0
E	70	0	0	0	73	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0

ANNEE 1983

MATRICE D'UTILISATION DES DSI

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	...	...	...	...	OUI	...	...	NON	NON	...	NON	...	...	NON	OUI
F	...	...	...	...	OUI	...	...	NON	OUI	...	...	...	...	OUI	...
D	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
IRL	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
NRD	OUI	OUI	...	...	...	...	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	OUI
CH	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
UK	...	...	...	...	NON	...	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	...
A	NON	NON	...	...	NON	...	NON	...	...	...	NON	...	...	...	NON
I	NON	OUI	...	...	OUI	...	OUI	...	...	...	NON	...	...	NON	...
CY	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
GR	NON	...	...	...	OUI	...	OUI	NON	NON	...	...	...	...	NON	...
TR	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
YU	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
P	NON	OUI	...	...	NON	...	NON	...	NON	...	NON	...	...	...	...
E	OUI	...	...	...	OUI	...	...	NON	...	...	...	...	...	...	...

AVEC UN SEUIL DE: 60 LE NOMBRE MINIMUM DE DSI EST; 22

MATRICE DES TRAFIC DSI POTENTIELS APRES CONCENTRATION

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	0	33	0	0	12	58	0	30	0	0	24	35
F	0	0	0	0	145	0	0	30	71	0	0	0	0	63	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IRL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NRD	33	145	0	0	0	0	21	57	58	0	53	0	0	19	37
CH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
UK	0	0	0	0	21	0	0	43	115	0	66	0	0	42	0
A	12	30	0	0	57	0	43	0	0	0	16	0	0	0	10
I	58	71	0	0	58	0	115	0	0	0	18	0	0	15	0
CY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR	30	0	0	0	53	0	66	16	18	0	0	0	0	9	0
TR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
YU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	24	63	0	0	19	0	42	0	15	0	9	0	0	0	0
E	35	0	0	0	37	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0

MATRICE DES TRAFICS NON DSI

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	1 I 0	0 I 0	0 I 0	0	2 I 0	0 I 1	1 I 0	0 I 0	0	1 I 1	1
F	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	2 I 0	0 I 0	0 I 2	0	4 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0	2 I 0	0
D	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0
IRL	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0
NRD	1 I 2	1 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	3 I 0	0	0 I 0	0 I 3	1 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0
CH	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0
UK	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	3 I 0	0 I 0	0 I 4	0	27 I 0	0 I 6	1 I 0	0 I 0	0	2 I 0	0
A	0 I 2	1 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	4 I 0	0	0 I 0	0 I 1	1 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0
I	2 I 4	1 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	27 I 0	0	0 I 0	0 I 1	1 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0
CY	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0
GR	1 I 1	0 I 0	0 I 0	0 I 0	3 I 0	0 I 0	6 I 1	0	1 I 1	0 I 0	1 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0
TR	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0
YU	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0
P	1 I 2	1 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	2 I 0	0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0
E	1 I 0	1 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0 I 0	0	0 I 0	0

IL FAUT AU MOINS 3 REPETEURS POUR ECOULER TOUT LE TRAFIC

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 1

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
NRD	F	145	OUI
F	NRD	145	OUI
I	UK	115	OUI
E	BNL	35	OUI
GR	A	16	NON
GR	UK	66	OUI
P	F	63	OUI
I	NRD	58	OUI
A	BNL	12	NON
BNL	A	12	NON
I	F	71	OUI
A	NRD	57	NON
NRD	A	57	NON
P	UK	42	NON
GR	BNL	30	NON
I	BNL	58	NON
GR	NRD	53	OUI
A	UK	43	NON
UK	A	43	NON
E	NRD	37	OUI
A	F	30	NON
F	A	30	NON
P	BNL	24	NON
NRD	BNL	33	OUI
BNL	NRD	33	OUI
E	A	10	NON
UK	NRD	21	NON
NRD	UK	21	NON
P	NRD	19	NON
I	UK	27	...
NRD	F	2	...
F	NRD	2	...
GR	BNL	1	...
GR	UK	6	...
I	F	4	...
NRD	BNL	1	...
BNL	NRD	1	...
A	UK	4	...
UK	A	4	...
GR	NRD	3	...
I	BNL	2	...
P	F	2	...
UK	NRD	3	...
NRD	UK	3	...
A	F	2	...
F	A	2	...
P	BNL	1	...
P	UK	2	...
E	BNL	1	...
GR	A	1	...

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 2

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
UK	I	115	OUI
A	GR	16	NON
UK	GR	66	OUI
NRD	I	58	OUI
BNL	GR	30	NON
GR	I	1	...
I	GR	1	...
BNL	GR	1	...
BNL	I	2	...
A	GR	1	...
...	...	1	...
F	I	71	OUI
BNL	I	58	NON
NRD	GR	53	OUI
I	GR	18	NON
P	I	15	NON
P	GR	9	NON
UK	GR	6	...
...	...	2	...
GR	I	18	NON
UK	I	27	...
F	I	4	...
NRD	GR	3	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 576

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 3

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
BNL	E	35	OUI
F	P	63	OUI
BNL	P	24	NON
I	P	15	NON
F	P	2	...
BNL	P	1	...
BNL	E	1	...
...	...	4	...
NRD	E	37	OUI
A	E	10	NON
...	...	5	...
UK	P	42	NON
GR	P	9	NON
UK	P	2	...
...	...	5	...
NRD	P	19	NON

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 274

PLAN DE CHARGE DES STATIONS

STATION: BNL

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	12	1	655	667	NON
NRD	33	1	1275	1308	OUI
NRD	1	1	1422	1423	...
GR	30	2	255	285	NON
GR	1	2	287	288	...
I	2	2	288	290	...
I	58	2	363	421	NON
E	35	3	0	35	OUI
P	24	3	98	122	NON
P	1	3	139	140	...
E	1	3	140	141	...

STATION: F

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
NRD	145	1	145	290	OUI
A	30	1	1188	1218	NON
NRD	2	1	1408	1410	...
A	2	1	1446	1448	...
I	71	2	292	363	OUI
I	4	2	569	573	...
P	63	3	35	98	OUI
P	2	3	137	139	...
P	24	3	98	122	NON
P	1	3	139	140	...
E	1	3	140	141	...

STATION: D

PAS DE TRAFIC

STATION: IRL

PAS DE TRAFIC

STATION: F

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
NRD	145	1	145	290	OUI
A	30	1	1188	1218	NON
NRD	2	1	1408	1410	...
A	2	1	1446	1448	...
I	71	2	292	363	OUI
I	4	2	569	573	...
P	63	3	35	98	OUI
P	2	3	137	139	...
P	24	3	98	122	NON
P	1	3	139	140	...
E	1	3	140	141	...

STATION: D

PAS DE TRAFIC

STATION: IRL

PAS DE TRAFIC

STATION: NRD

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
F	145	1	0	145	OUI
A	57	1	795	852	NON
BNL	33	1	1242	1275	OUI
UK	21	1	1339	1360	NON
F	2	1	1406	1408	...
BNL	1	1	1421	1422	...
UK	3	1	1441	1444	...
I	58	2	197	255	OUI
GR	53	2	421	474	OUI
GR	3	2	573	576	...
E	37	3	145	182	OUI
P	19	3	255	274	NON

STATION: CH

PAS DE TRAFIC

STATION: UK

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	43	1	1078	1121	NON
NRD	21	1	1318	1339	NON
A	4	1	1427	1431	...
NRD	3	1	1438	1441	...
I	115	2	0	115	OUI
GR	66	2	131	197	OUI
GR	6	2	516	522	...
I	27	2	542	569	...
P	42	3	197	239	NON
P	2	3	248	250	...
E	37	3	145	182	OUI
P	19	3	255	274	NON

STATION: A

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
BNL	12	1	643	655	NON
NRD	57	1	738	795	NON
UK	43	1	1035	1078	NON
F	30	1	1158	1188	NON
UK	4	1	1423	1427	...
F	2	1	1444	1446	...
GR	16	2	115	131	NON
GR	1	2	290	291	...
E	10	3	182	192	NON
P	2	3	248	250	...
E	37	3	145	182	OUI
P	19	3	255	274	NON

STATION: I

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	115	1	290	405	OUI
NRD	58	1	585	643	OUI
F	71	1	667	738	OUI
BNL	58	1	924	982	NON
UK	27	1	1379	1406	...
F	4	1	1417	1421	...
BNL	2	1	1434	1436	...
GR	1	2	286	287	...
GR	18	2	474	492	NON
P	15	3	122	137	NON
E	37	3	145	182	OUI
P	19	3	255	274	NON

STATION: CY

PAS DE TRAFIC

STATION: GR

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	16	1	440	456	NON
UK	66	1	456	522	OUI
BNL	30	1	894	924	NON
NRD	53	1	982	1035	OUI
BNL	1	1	1410	1411	...
UK	6	1	1411	1417	...
NRD	3	1	1431	1434	...
A	1	1	1432	1433	...
I	1	2	285	286	...
I	18	2	524	542	NON
P	9	3	239	248	NON
P	19	3	255	274	NON

STATION: TR

PAS DE TRAFIC

STATION: YU

PAS DE TRAFIC

STATION: P

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
F	63	1	522	585	OUI
UK	42	1	852	894	NON
BNL	24	1	1218	1242	NON
NRD	19	1	1360	1379	NON
F	2	1	1436	1438	...
BNL	1	1	1448	1449	...
UK	2	1	1449	1451	...
I	15	2	492	507	NON
GR	9	2	507	516	NON
I	18	2	524	542	NON
P	9	3	239	248	NON
P	19	3	255	274	NON

STATION: E

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
BNL	35	1	405	440	OUI
NRD	37	1	1121	1158	OUI
A	10	1	1308	1318	NON
BNL	1	1	1451	1452	...
F	2	1	1436	1438	...
BNL	1	1	1448	1449	...
UK	2	1	1449	1451	...
I	15	2	492	507	NON
GR	9	2	507	516	NON
I	18	2	524	542	NON
P	9	3	239	248	NON
P	19	3	255	274	NON

MATRICE DES TRAFICS DSI POTENTIELS

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	0	228	0	0	14	119	0	56	69	59	62	185
F	0	0	0	0	330	0	0	35	170	0	25	36	62	147	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	114	160	0	0	0
IRL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NRD	228	330	0	0	0	131	41	64	132	0	113	23	77	38	87
CH	0	0	0	0	131	0	103	0	0	0	24	27	19	20	22
UK	0	0	0	0	41	103	0	60	317	0	144	60	55	65	0
A	14	35	0	0	64	0	60	0	0	0	18	10	0	0	14
I	119	170	0	0	132	0	317	0	0	0	23	130	15	17	0
CY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR	56	25	114	0	113	24	144	18	23	0	0	0	0	10	8
TR	69	36	160	0	23	27	60	10	130	0	0	0	0	0	4
YU	59	62	0	0	77	19	55	0	15	0	0	0	0	4	9
P	62	147	0	0	38	20	65	0	17	0	10	0	4	0	0
E	185	0	0	0	87	22	0	14	0	0	8	4	9	0	0

ANNEE 1984

MATRICE D'UTILISATION DES DSI

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	...	...	...	...	OUI	...	...	NON	OUI	...	NON	OUI	NON	OUI	OUI
F	...	...	...	...	OUI	...	...	NON	OUI	...	NON	NON	OUI	OUI	...
D	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	OUI	OUI	...	...	...
IRL	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
NRD	OUI	OUI	...	...	...	OUI	NON	OUI	OUI	...	OUI	NON	OUI	NON	OUI
CH	...	...	...	...	OUI	...	OUI	...	...	...	NON	NON	NON	NON	NON
UK	...	...	...	...	NON	OUI	...	OUI	OUI	...	OUI	OUI	NON	OUI	...
A	NON	NON	...	...	OUI	...	OUI	...	...	...	NON	NON	...	...	NON
I	OUI	OUI	...	...	OUI	...	OUI	...	...	...	NON	OUI	NON	NON	...
CY	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
GR	NON	NON	OUI	...	OUI	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	NON	NON
TR	OUI	NON	OUI	...	NON	NON	OUI	NON	OUI	...	...	...	...	...	NON
YU	NON	OUI	...	...	OUI	NON	NON	...	NON	...	...	...	...	NON	NON
P	OUI	OUI	...	...	NON	NON	OUI	...	NON	...	NON	...	NON	...	...
E	OUI	...	...	...	OUI	NON	...	NON	...	...	NON	NON	NON	...	...

AVEC UN SEUIL DE: 60 LE NOMBRE MINIMUM DE DSI EST: 52

MATRICE DES TRAFIC DSI POTENTIELS APRES CONCENTRATION

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	0	114	0	0	14	60	0	56	35	59	31	93
F	0	0	0	0	165	0	0	35	85	0	25	36	31	74	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	80	0	0	0
IRL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NRD	114	165	0	0	0	66	41	32	66	0	57	23	39	38	44
CH	0	0	0	0	66	0	52	0	0	0	24	27	19	20	22
UK	0	0	0	0	41	52	0	30	159	0	72	30	55	33	0
A	14	35	0	0	32	0	30	0	0	0	18	10	0	0	14
I	60	85	0	0	66	0	159	0	0	0	23	65	15	17	0
CY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR	56	25	57	0	57	24	72	18	23	0	0	0	0	10	8
TR	35	36	80	0	23	27	30	10	65	0	0	0	0	0	4
YU	59	31	0	0	39	19	55	0	15	0	0	0	0	4	9
P	31	74	0	0	38	20	33	0	17	0	10	0	4	0	0
E	93	0	0	0	44	22	0	14	0	0	8	4	9	0	0

MATRICE DES TRAFICS NON DSI

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	0	0	6	0	0	3	4	0	3	3	3	1
F	0	0	6	0	0	2	0	0	4	4	0	1	1	2	2
D	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2	0
IRL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NRD	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	3	0	0	0
CH	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
UK	0	0	0	0	2	0	0	1	4	30	0	8	1	2	2
A	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
I	3	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0	0
CY	4	4	0	0	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0
GR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TR	3	1	3	0	3	1	8	1	1	0	0	0	0	0	0
YU	3	1	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P	3	2	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
E	1	2	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0

IL FAUT AU MOINS 4 REPETEURS POUR ECOULER TOUT LE TRAFIC

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 1

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
NRD	F	165	OUI
I	UK	159	OUI
GR	CH	24	NON
BNL	NRD	114	OUI
GR	UK	72	OUI
TR	CH	27	NON
CH	NRD	66	OUI
I	BNL	60	OUI
GR	D	57	OUI
TR	A	10	NON
YU	BNL	59	NON
GR	NRD	57	OUI
P	UK	33	OUI
GR	BNL	56	NON
YU	F	31	OUI
UK	A	30	OUI
UK	NRD	41	NON
GR	F	25	NON
YU	CH	19	NON
YU	NRD	39	OUI
P	NRD	38	NON
A	NRD	32	OUI
TR	NRD	23	NON
CH	BNL	6	...
D	F	6	...
BNL	CH	6	...
TR	UK	8	...
TR	D	3	...
YU	CH	1	...
CH	F	2	...
P	D	2	...
P	F	2	...
A	UK	1	...
TR	F	1	...
YU	F	1	...
...	...	1	...
I	F	4	...
CY	F	4	...
E	F	2	...
...	...	2	...
YU	BNL	3	...
...	...	8	...
P	BNL	3	...
...	...	7	...
E	BNL	1	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR 1261

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 2

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
F	NRD	165	OUI
E	BNL	93	OUI
TR	D	80	OUI
NRD	BNL	114	OUI
I	F	85	OUI
E	A	14	NON
P	F	74	OUI
NRD	CH	66	OUI
YU	UK	55	NON
I	NRD	66	OUI
UK	CH	52	OUI
TR	F	36	NON
A	F	35	NON
F	A	35	NON
E	CH	22	NON
E	NRD	44	OUI
A	UK	30	OUI
P	CH	20	NON
NRD	UK	41	NON
TR	BNL	35	OUI
P	BNL	31	OUI
TR	UK	30	OUI
A	BNL	14	NON
BNL	A	14	NON
NRD	A	32	OUI
TR	A	1	...
CY	UK	30	...
F	D	6	...
A	NRD	3	...
NRD	A	3	...
CY	BNL	4	...
YU	D	2	...
E	CH	1	...
UK	NRD	2	...
NRD	UK	2	...
TR	BNL	3	...
F	CH	2	...
TR	CH	1	...
UK	A	1	...
YU	UK	1	...
...	...	1	...
I	BNL	3	...
I	UK	4	...
TR	NRD	3	...
E	UK	2	...
...	...	6	...
P	UK	2	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1366

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
UK	I	159	OUI
D	TR	80	OUI
CH	GR	24	NON
P	YU	4	NON
F	I	85	OUI
UK	GR	72	OUI
CH	TR	27	NON
A	TR	10	NON
E	GR	1	...
A	TR	1	...
TR	I	1	...
CH	YU	1	...
CH	TR	1	...
F	TR	1	...
F	YU	1	...
UK	YU	1	...
...	...	1	...
BNL	I	60	OUI
D	GR	57	OUI
UK	YU	55	NON
F	TR	36	NON
A	GR	18	NON
I	TR	1	...
D	YU	2	...
...	...	2	...
NRD	I	66	OUI
BNL	YU	59	NON
I	TR	65	OUI
CH	YU	19	NON
P	I	17	NON
...	...	2	...
TR	I	65	OUI
NRD	GR	57	OUI
BNL	GR	56	NON
F	YU	31	OUI
BNL	TR	35	OUI
F	GR	25	NON
NRD	YU	39	OUI
UK	TR	30	OUI
GR	I	23	NON
I	GR	23	NON
YU	I	15	NON
I	YU	15	NON
E	GR	8	NON
P	GR	10	NON
E	YU	9	NON
NRD	TR	23	NON
E	TR	4	NON
UK	CY	30	...
UK	TR	8	...
F	I	4	...
BNL	CY	4	...
F	CY	4	...
BNL	I	3	...
D	TR	3	...
UK	I	4	...
BNL	TR	3	...
NRD	TR	3	...
BNL	YU	3	...

CHARGE TOTALE DU RESTOURNE [illegible]

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 4

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
BNL	E	93	OUI
YU	P	4	NON
A	E	14	NON
CH	E	22	NON
CH	P	20	NON
GR	E	8	NON
TR	E	4	NON
GR	E	1	...
CH	E	1	...
F	P	2	...
UK	E	2	...
F	E	2	...
UK	P	2	...
BNL	E	1	...
...	...	1	...
F	P	74	OUI
UK	P	33	OUI
NRO	E	44	OUI
D	P	2	...
BNL	P	3	...
...	...	3	...
I	P	17	NON
...	...	7	...
GR	P	10	NON
YU	E	9	NON
...	...	85	...
NRO	P	38	NON
...	...	32	...
BNL	P	31	OUI

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 565

PLAN DE CHARGE DES STATIONS

STATION: BNL

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
NRD	114	1	348	462	OUI
CH	6	1	1319	1325	...
A	14	2	1237	1251	NON
I	60	3	470	530	OUI
YU	59	3	767	826	NON
GR	56	3	1051	1107	NON
TR	35	3	1138	1173	OUI
CY	4	3	1439	1443	...
I	3	3	1447	1450	...
TR	3	3	1457	1460	...
YU	3	3	1463	1466	...
E	93	4	0	93	OUI
E	1	4	175	176	...
P	3	4	330	333	...
P	31	4	534	565	OUI

STATION: F

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
NRD	165	2	0	165	OUI
A	35	2	935	970	NON
D	6	2	1314	1320	...
CH	2	2	1340	1342	...
I	85	3	267	352	OUI
TR	1	3	466	467	...
YU	1	3	467	468	...
TR	36	3	642	678	NON
YU	31	3	1107	1138	OUI
GR	25	3	1173	1198	NON
I	4	3	1435	1439	...
CY	4	3	1443	1447	...
P	2	4	167	169	...
E	2	4	171	173	...
P	74	4	177	251	OUI

STATION: D

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
F	6	1	1313	1319	...
TR	80	3	159	239	OUI
GR	57	3	530	587	OUI
YU	2	3	697	699	...
TR	3	3	1450	1453	...
P	2	4	328	330	...
YU	1	3	467	468	...
TR	36	3	642	678	NON
YU	31	3	1107	1138	OUI
GR	25	3	1173	1198	NON
I	4	3	1435	1439	...
CY	4	3	1443	1447	...
P	2	4	167	169	...
E	2	4	171	173	...
P	74	4	177	251	OUI

STATION: IRL

PAS DE TRAFIC

STATION: NRD

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
F	165	1	0	165	OUI
BNL	114	2	338	452	OUI
CH	66	2	625	691	OUI
UK	41	2	1086	1127	NON
A	32	2	1251	1283	OUI
A	3	2	1323	1326	...
UK	2	2	1335	1337	...
I	66	3	701	767	OUI
GR	57	3	994	1051	OUI
YU	39	3	1198	1237	OUI
TR	23	3	1370	1393	NON
TR	3	3	1460	1463	...
E	44	4	284	328	OUI
P	38	4	464	502	NON
P	74	4	177	251	OUI

STATION: CH

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
NRD	66	1	561	627	OUI
UK	52	1	813	865	OUI
BNL	6	1	1307	1313	...
F	2	1	1337	1339	...
GR	24	3	239	263	NON
TR	27	3	424	451	NON
YU	1	3	464	465	...
TR	1	3	465	466	...
YU	19	3	891	910	NON
E	22	4	111	133	NON
P	20	4	133	153	NON
E	1	4	166	167	...
E	44	4	284	328	OUI
P	38	4	464	502	NON
P	74	4	177	251	OUI

STATION: UK

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	30	1	1060	1090	OUI
NRD	41	1	1090	1131	NON
CH	52	2	812	864	OUI
NRD	2	2	1333	1335	...
A	1	2	1343	1344	...
I	159	3	0	159	OUI
GR	72	3	352	424	OUI
YU	1	3	468	469	...
YU	55	3	587	642	NON
TR	30	3	1237	1267	OUI
CY	30	3	1397	1427	...
TR	8	3	1427	1435	...
I	4	3	1453	1457	...
E	2	4	169	171	...
P	2	4	173	175	...
P	33	4	251	284	OUI

STATION: A

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
NRD	32	1	1252	1284	OUI
UK	1	1	1343	1344	...
F	35	2	900	935	NON
UK	30	2	1036	1066	OUI
BNL	14	2	1223	1237	NON
NRD	3	2	1320	1323	...
TR	10	3	451	461	NON
TR	1	3	462	463	...
GR	18	3	678	696	NON
E	14	4	97	111	NON
CY	30	3	1397	1427	...
TR	8	3	1427	1435	...
I	4	3	1453	1457	...
E	2	4	169	171	...
P	2	4	173	175	...
P	33	4	251	284	OUI

STATION: I

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	159	1	165	324	OUI
BNL	60	1	627	687	OUI
F	4	1	1347	1351	...
F	85	2	452	537	OUI
NRD	66	2	746	812	OUI
BNL	3	2	1346	1349	...
UK	4	2	1349	1353	...
TR	1	3	696	697	...
TR	65	3	826	891	OUI
GR	23	3	1290	1313	NON
YU	15	3	1328	1343	NON
P	17	4	336	353	NON
I	4	3	1453	1457	...
E	2	4	169	171	...
P	2	4	173	175	...
P	33	4	251	284	OUI

STATION: CY

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
F	4	1	1351	1355	...
UK	30	2	1284	1314	...
BNL	4	2	1326	1330	...
F	85	2	452	537	OUI
NRD	66	2	746	812	OUI
BNL	3	2	1346	1349	...
UK	4	2	1349	1353	...
TR	1	3	696	697	...
TR	65	3	826	891	OUI
GR	23	3	1290	1313	NON
YU	15	3	1328	1343	NON
P	17	4	336	353	NON
I	4	3	1453	1457	...
E	2	4	169	171	...
P	2	4	173	175	...
P	33	4	251	284	OUI

STATION: GR

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
CH	24	1	324	348	NON
UK	72	1	462	534	OUI
D	57	1	687	744	OUI
A	18	1	865	883	NON
NRD	57	1	883	940	OUI
BNL	56	1	973	1029	NON
F	25	1	1131	1156	NON
I	23	3	1267	1290	NON
E	8	4	153	161	NON
E	1	4	165	166	...
P	10	4	360	370	NON
P	17	4	336	353	NON
I	4	3	1453	1457	...
E	2	4	169	171	...
P	2	4	173	175	...
P	33	4	251	284	OUI

STATION: TR

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
CH	27	1	534	561	NON
A	10	1	744	754	NON
NRD	23	1	1284	1307	NON
UK	8	1	1325	1333	...
D	3	1	1333	1336	...
F	1	1	1344	1345	...
D	80	2	258	338	OUI
F	36	2	864	900	NON
BNL	35	2	1127	1162	OUI
UK	30	2	1193	1223	OUI
A	1	2	1283	1284	...
BNL	3	2	1337	1340	...
CH	1	2	1342	1343	...
NRD	3	2	1353	1356	...
I	1	3	463	464	...
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

STATION: YU

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
BNL	59	1	754	813	NON
F	31	1	1029	1060	OUI
CH	19	1	1156	1175	NON
NRD	39	1	1175	1214	OUI
CH	1	1	1336	1337	...
F	1	1	1345	1346	...
BNL	3	1	1359	1362	...
UK	55	2	691	746	NON
D	2	2	1330	1332	...
UK	1	2	1344	1345	...
I	15	3	1313	1328	NON
P	4	4	93	97	NON
E	9	4	370	379	NON
NRD	3	2	1353	1356	...
I	1	3	463	464	...
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

STATION: P

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	33	1	940	973	OUI
NRD	38	1	1214	1252	NON
D	2	1	1339	1341	...
F	2	1	1341	1343	...
BNL	3	1	1370	1373	...
F	74	2	551	625	OUI
CH	20	2	1066	1086	NON
BNL	31	2	1162	1193	OUI
UK	2	2	1364	1366	...
YU	4	3	263	267	NON
I	17	3	910	927	NON
GR	10	3	1351	1361	NON
E	9	4	370	379	NON
NRD	3	2	1353	1356	...
I	1	3	463	464	...
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

STATION: E

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
F	2	1	1355	1357	...
BNL	1	1	1380	1381	...
BNL	93	2	165	258	OUI
A	14	2	537	551	NON
CH	22	2	970	992	NON
NRD	44	2	992	1036	OUI
CH	1	2	1332	1333	...
UK	2	2	1356	1358	...
GR	1	3	461	462	...
GR	8	3	1343	1351	NON
YU	9	3	1361	1370	NON
TR	4	3	1393	1397	NON
E	9	4	370	379	NON
NRD	3	2	1353	1356	...
I	1	3	463	464	...
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

MATRICE DES TRAFICS DSI POTENTIELS

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	24	249	0	0	15	140	0	61	73	63	67	210
F	0	0	0	76	358	0	0	55	199	0	30	40	70	169	0
D	0	0	0	38	48	0	0	0	0	0	130	180	108	50	90
IRL	24	76	38	0	42	15	0	6	14	0	0	0	0	4	6
NRD	249	358	48	42	0	141	57	73	146	0	119	26	84	43	104
CH	0	0	0	15	141	0	142	0	0	0	24	29	21	20	24
UK	0	0	0	0	57	142	0	69	365	0	162	67	61	87	0
A	15	55	0	6	73	0	69	0	0	0	20	10	0	6	18
I	140	199	0	14	146	0	365	0	0	0	28	15	18	20	0
CY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR	61	30	130	0	119	24	162	20	28	0	0	0	0	12	12
TR	73	40	180	0	26	29	67	10	15	0	0	0	0	0	4
YU	63	70	108	0	84	21	61	0	18	0	0	0	0	6	11
P	67	169	50	4	43	20	87	6	20	0	12	0	6	0	0
E	210	0	90	6	104	24	0	18	0	0	12	4	11	0	0

ANNEE 1985

MATRICE D'UTILISATION DES DSI

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	...	...	...	NON	OUI	...	...	NON	OUI	...	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
F	...	...	...	OUI	OUI	...	...	NON	OUI	...	NON	NON	OUI	OUI	...
D	...	...	...	NON	NON	...	...	...	...	...	OUI	OUI	OUI	NON	OUI
IRL	NON	OUI	NON	...	NON	NON	...	NON	NON	...	...	...	...	NON	NON
NRD	OUI	OUI	NON	NON	...	OUI	NON	OUI	OUI	...	OUI	NON	OUI	NON	OUI
CH	...	...	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	...	NON	NON	NON	NON	NON
UK	...	...	...	...	NON	OUI	...	OUI	OUI	...	OUI	OUI	OUI	OUI	...
A	NON	NON	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	...	NON	NON	...	NON	NON
I	OUI	OUI	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	...	NON	NON	NON	NON	...
CY	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
GR	OUI	NON	OUI	...	OUI	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	NON	NON
TR	OUI	NON	OUI	...	NON	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	...	NON
YU	OUI	OUI	OUI	...	OUI	NON	OUI	...	NON	...	...	...	...	NON	NON
P	OUI	OUI	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	...	NON	...	NON	...	...
E	OUI	...	OUI	NON	OUI	NON	...	NON	...	...	NON	NON	NON	...	...

AVEC UN SEUIL DE: 60 LE NOMBRE MINIMUM DE DSI EST: 64

MATRICE DES TRAFIC DSI POTENTIELS APRES CONCENTRATION

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	24	125	0	0	15	70	0	31	37	32	34	105
F	0	0	0	38	179	0	0	55	100	0	30	40	35	85	0
D	0	0	0	38	48	0	0	0	0	0	65	90	54	50	45
IRL	24	38	38	0	42	15	0	6	14	0	0	0	0	4	6
NRD	125	179	48	42	0	71	57	37	73	0	60	26	42	43	52
CH	0	0	0	15	71	0	71	0	0	0	24	29	21	20	-24
UK	0	0	0	0	57	71	0	35	183	0	81	34	31	44	0
A	15	55	0	6	37	0	35	0	0	0	20	10	0	6	18
I	70	100	0	14	73	0	183	0	0	0	28	15	18	20	0
CY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GR	31	30	65	0	60	24	81	20	28	0	0	0	0	12	12
TR	37	40	90	0	26	29	34	10	15	0	0	0	0	0	4
YU	32	35	54	0	42	21	31	0	18	0	0	0	0	6	11
P	34	85	50	4	43	20	44	6	20	0	12	0	6	0	0
E	105	0	45	6	52	24	0	18	0	0	12	4	11	0	0

MATRICE DES TRAFICS NON DSI

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	1	0	0	0	1	6	0	0	5	4	0	4	3	3
F	1	0	1	7	0	0	2	0	0	4	8	0	1	2	2
D	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	3
IRL	0	7	2	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NRD	0	0	0	1	0	0	0	2	3	1	0	0	3	0	0
CH	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
UK	6	2	0	0	0	0	0	1	1	5	34	0	10	1	2
A	0	0	0	0	2	0	1	0	2	0	0	0	2	0	0
I	0	0	0	0	3	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0
CY	5	4	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
GR	4	8	0	0	0	0	34	0	0	0	0	0	0	0	0
TR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
YU	4	1	3	0	3	1	10	2	1	0	0	1	0	0	0
P	3	2	2	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
E	3	2	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0

IL FAUT AU MOINS 5 REPETEURS POUR ECOULER TOUT LE TRAFIC

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 1

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
I	UK	183	OUI
GR	CH	24	NON
P	A	6	NON
P	IRL	4	NON
A	IRL	6	NON
IRL	A	6	NON
A	F	55	NON
P	D	50	NON
...	...	5	...
NRD	BNL	125	OUI
TR	CH	29	NON
E	A	18	NON
I	NRD	73	OUI
E	CH	24	NON
...	...	8	...
CH	UK	71	OUI
CH	NRD	71	OUI
TR	UK	34	OUI
GR	NRD	60	OUI
CH	IRL	15	NON
...	...	5	...
BNL	A	15	NON
...	...	19	...
UK	NRD	57	NON
E	NRD	52	OUI
UK	A	35	OUI
D	NRD	48	NON
...	...	13	...
GR	F	30	NON
P	NRD	43	NON
...	...	25	...
YU	NRD	42	OUI
A	NRD	37	OUI
TR	NRD	26	NON

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1314

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 2

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
NRD	F	179	OUI
E	BNL	105	OUI
I	F	100	OUI
GR	UK	81	OUI
E	IRL	6	NON
...	...	7	...
UK	CH	71	OUI
TR	BNL	37	OUI
D	IRL	38	NON
TR	A	10	NON
...	...	10	...
NRD	CH	71	OUI
P	UK	44	OUI
YU	F	35	OUI
...	...	8	...
NRD	UK	57	NON
P	BNL	34	OUI
F	IRL	38	OUI
GR	BNL	31	OUI
P	CH	20	NON
YU	BNL	32	OUI
YU	UK	31	OUI
BNL	IRL	24	NON
NRD	IRL	42	NON
I	IRL	14	NON
NRD	A	37	OUI

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1.92

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 3

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
F	NRD	179	OUI
TR	D	90	OUI
BNL	NRD	125	OUI
YU	D	54	OUI
P	F	85	OUI
GR	D	65	OUI
I	BNL	70	OUI
F	A	55	NON
IRL	D	38	NON
A	BNL	15	NON
E	D	45	OUI
TR	F	40	NON
YU	CH	21	NON
IRL	F	38	OUI
A	UK	35	OUI
NRD	D	48	NON
IRL	CH	15	NON
IRL	BNL	24	NON
...	...	14	...
GR	A	20	NON
...	...	22	...
IRL	NRD	42	NON

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1140

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 4

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
UK	I	183	OUI
D	TR	90	OUI
CH	GR	24	NON
F	I	100	OUI
UK	GR	81	OUI
D	YU	54	OUI
CH	TR	29	NON
NRD	I	73	OUI
D	GR	65	OUI
BNL	TR	37	OUI
E	YU	11	NON
BNL	I	70	OUI
UK	TR	34	OUI
E	GR	12	NON
NRD	GR	60	OUI
F	YU	35	OUI
TR	I	15	NON
I	TR	15	NON
F	TR	40	NON
GR	I	28	NON
I	GR	28	NON
CH	YU	21	NON
BNL	GR	31	OUI
YU	I	18	NON
I	YU	18	NON
BNL	YU	32	OUI
F	GR	30	NON
P	I	20	NON
A	TR	10	NON
UK	YU	31	OUI
A	GR	20	NON
E	TR	4	NON
P	GR	12	NON
NRD	YU	42	OUI
IRL	I	14	NON
P	YU	6	NON
NRD	TR	26	NON

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1419

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 5

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
BNL	E	105	OUI
A	P	6	NON
A	E	18	NON
IRL	P	4	NON
YU	E	11	NON
GR	E	12	NON
CH	P	20	NON
...	...	3	...
F	P	85	OUI
...	...	5	...
TR	E	4	NON
D	P	50	NON
UK	P	44	OUI
CH	E	24	NON
D	E	45	OUI
BNL	P	34	OUI
NRD	E	52	OUI
YU	P	6	NON
IRL	E	6	NON
...	...	64	...
GR	P	12	NON
...	...	58	...
I	P	20	NON
...	...	27	...
NRD	P	43	NON

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 758

PLAN DE CHARGE DES STATIONS

STATION: BNL

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	15	1	872	887	NON
IRL	24	2	1045	1069	NON
NRD	125	3	269	394	OUI
TR	37	4	699	736	OUI
I	70	4	747	817	OUI
GR	31	4	1105	1136	OUI
YU	32	4	1172	1204	OUI
E	105	5	0	105	OUI
P	34	5	436	470	OUI
GR	8	3	1343	1351	NON
YU	9	3	1361	1370	NON
TR	4	3	1393	1397	NON
E	9	4	370	379	NON
NRD	3	2	1353	1356	...
I	1	3	463	464	...
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

STATION: F

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
IRL	38	2	893	931	OUI
NRD	179	3	0	179	OUI
A	55	3	668	723	NON
I	100	4	297	397	OUI
YU	35	4	923	958	OUI
TR	40	4	988	1028	NON
GR	30	4	1204	1234	NON
P	85	5	179	264	OUI
P	34	5	436	470	OUI
GR	8	3	1343	1351	NON
YU	9	3	1361	1370	NON
TR	4	3	1393	1397	NON
E	9	4	370	379	NON
NRD	3	2	1353	1356	...
I	1	3	463	464	...
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

STATION: D

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
NRD	48	1	1050	1098	NON
IRL	38	2	586	624	NON
TR	90	4	183	273	OUI
YU	54	4	478	532	OUI
GR	65	4	634	699	OUI
P	50	5	273	323	NON
E	45	5	391	436	OUI
P	85	5	179	264	OUI
P	34	5	436	470	OUI
GR	8	3	1343	1351	NON
YU	9	3	1361	1370	NON
TR	4	3	1393	1397	NON
E	9	4	370	379	NON
NRD	3	2	1353	1356	---
I	1	3	463	464	---
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

STATION: IRL

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	6	1	223	229	NON
D	38	3	723	761	NON
F	38	3	882	920	OUI
CH	15	3	1003	1018	NON
BNL	24	3	1018	1042	NON
NRD	42	3	1098	1140	NON
I	14	4	1373	1387	NON
P	4	5	129	133	NON
E	6	5	528	534	NON
GR	8	3	1343	1351	NON
YU	9	3	1361	1370	NON
TR	4	3	1393	1397	NON
E	9	4	370	379	NON
NRD	3	2	1353	1356	---
I	1	3	463	464	---
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

STATION: NRD

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
BNL	125	1	339	464	OUI
F	179	2	0	179	OUI
CH	71	2	644	715	OUI
UK	57	2	802	859	NON
IRL	42	2	1069	1111	NON
A	37	2	1125	1162	OUI
D	48	3	955	1003	NON
I	73	4	561	634	OUI
GR	60	4	863	923	OUI
YU	42	4	1331	1373	OUI
TR	26	4	1393	1419	NON
E	52	5	470	522	OUI
P	43	5	715	758	NON
NRD	3	2	1353	1356	...
I	1	3	463	464	...
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

STATION: CH

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	71	1	616	687	OUI
NRD	71	1	687	758	OUI
IRL	15	1	852	867	NON
GR	24	4	273	297	NON
TR	29	4	532	561	NON
YU	21	4	1084	1105	NON
P	20	5	156	176	NON
E	24	5	367	391	NON
GR	60	4	863	923	OUI
YU	42	4	1331	1373	OUI
TR	26	4	1393	1419	NON
E	52	5	470	522	OUI
P	43	5	715	758	NON
NRD	3	2	1353	1356	...
I	1	3	463	464	...
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

STATION: UK

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
NRD	57	1	906	963	NON
A	35	1	1015	1050	OUI
CH	71	2	478	549	OUI
I	183	4	0	183	OUI
GR	81	4	397	478	OUI
TR	34	4	817	851	OUI
YU	31	4	1264	1295	OUI
P	44	5	323	367	OUI
GR	60	4	863	923	OUI
YU	42	4	1331	1373	OUI
TR	26	4	1393	1419	NON
E	52	5	470	522	OUI
P	43	5	715	758	NON
NRD	3	2	1353	1356	---
I	1	3	463	464	---
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

STATION: A

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
IRL	6	1	217	223	NON
F	55	1	229	284	NON
NRD	37	1	1251	1288	OUI
BNL	15	3	761	776	NON
UK	35	3	920	955	OUI
TR	10	4	1254	1264	NON
GR	20	4	1295	1315	NON
P	6	5	105	111	NON
E	18	5	111	129	NON
YU	42	4	1331	1373	OUI
TR	26	4	1393	1419	NON
E	52	5	470	522	OUI
P	43	5	715	758	NON
NRD	3	2	1353	1356	---
I	1	3	463	464	---
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

STATION: I

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	183	1	0	183	OUI
NRD	73	1	511	584	OUI
F	100	2	284	384	OUI
IRL	14	2	1111	1125	NON
BNL	70	3	598	668	OUI
TR	15	4	973	988	NON
GR	28	4	1056	1084	NON
YU	18	4	1154	1172	NON
P	20	5	668	688	NON
YU	42	4	1331	1373	OUI
IR	26	4	1393	1419	NON
E	52	5	470	522	OUI
P	43	5	715	758	NON
NRD	3	2	1353	1356	...
I	1	3	463	464	...
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

STATION: CY

PAS DE TRAFIC

STATION: GR

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
CH	24	1	183	207	NON
NRD	60	1	792	852	OUI
F	30	1	1111	1141	NON
UK	81	2	384	465	OUI
BNL	31	2	931	962	OUI
D	65	3	533	598	OUI
A	20	3	1056	1076	NON
I	28	4	1028	1056	NON
E	12	5	144	156	NON
P	12	5	598	610	NON
TR	26	4	1393	1419	NON
E	52	5	470	522	OUI
P	43	5	715	758	NON
NRD	3	2	1353	1356	...
I	1	3	463	464	...
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

STATION: TR

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
CH	29	1	464	493	NON
UK	34	1	758	792	OUI
NRD	26	1	1288	1314	NON
BNL	37	2	549	586	OUI
A	10	2	624	634	NON
D	90	3	179	269	OUI
F	40	3	821	861	NON
I	15	4	958	973	NON
E	4	5	269	273	NON
P	12	5	598	610	NON
TR	26	4	1393	1419	NON
E	52	5	470	522	OUI
P	43	5	715	758	NON
NRD	3	2	1353	1356	...
I	1	3	463	464	...
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

STATION: YU

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
NRD	42	1	1209	1251	OUI
F	35	2	759	794	OUI
BNL	32	2	982	1014	OUI
UK	31	2	1014	1045	OUI
D	54	3	394	448	OUI
CH	21	3	861	882	NON
I	18	4	1136	1154	NON
E	11	5	133	144	NON
P	6	5	522	528	NON
P	12	5	598	610	NON
TR	26	4	1393	1419	NON
E	52	5	470	522	OUI
P	43	5	715	758	NON
NRD	3	2	1353	1356	...
I	1	3	463	464	...
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

STATION: P

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	6	1	207	213	NON
IRL	4	1	213	217	NON
D	50	1	284	334	NON
NRD	43	1	1141	1184	NON
UK	44	2	715	759	OUI
BNL	34	2	859	893	OUI
CH	20	2	962	982	NON
F	85	3	448	533	OUI
I	20	4	1234	1254	NON
GR	12	4	1319	1331	NON
YU	6	4	1387	1393	NON
E	52	5	470	522	OUI
P	43	5	715	758	NON
NRD	3	2	1353	1356	...
I	1	3	463	464	...
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

STATION: E

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	18	1	493	511	NON
CH	24	1	584	608	NON
NRD	52	1	963	1015	OUI
BNL	105	2	179	284	OUI
IRL	6	2	465	471	NON
D	45	3	776	821	OUI
YU	11	4	736	747	NON
GR	12	4	851	863	NON
TR	4	4	1315	1319	NON
GR	12	4	1319	1331	NON
YU	6	4	1387	1393	NON
E	52	5	470	522	OUI
P	43	5	715	758	NON
NRD	3	2	1353	1356	...
I	1	3	463	464	...
I	65	3	929	994	OUI
E	4	4	161	165	NON

MATRICE DES TRAFICS OSI POTENTIELS

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	27	277	0	0	17	159	20	65	75	68	75	246
F	0	0	0	84	386	0	0	64	226	15	45	44	78	198	0
D	0	0	0	43	52	0	0	0	0	12	142	210	112	54	102
IRL	27	84	43	0	49	17	0	6	17	0	0	0	0	4	12
NRD	277	386	52	49	0	154	66	80	154	8	128	27	92	48	119
CH	0	0	0	17	154	0	169	0	0	12	26	32	25	22	27
UK	0	0	0	0	66	169	0	76	403	43	178	75	66	98	0
A	17	64	0	6	80	0	76	0	0	6	24	12	0	6	20
I	159	226	0	17	154	0	403	0	0	10	31	16	20	22	0
CY	20	15	12	0	8	12	43	6	10	0	0	0	0	0	8
GR	65	45	142	0	128	26	178	24	31	0	0	0	0	15	16
TR	75	44	210	0	27	32	75	12	16	0	0	0	0	0	6
YU	68	78	112	0	92	25	66	0	20	0	0	0	0	7	13
P	75	198	54	4	48	22	98	6	22	0	15	0	7	0	0
E	246	0	102	12	119	27	0	20	0	8	16	6	13	0	0

ANNEE 1986

MATRICE D'UTILISATION DES DSI

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	...	...	...	NON	OUI	...	...	NON	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
F	...	...	...	OUI	OUI	...	...	OUI	OUI	NON	NON	NON	OUI	OUI	...
D	...	...	...	NON	NON	...	...	...	...	NON	OUI	OUI	OUI	NON	OUI
IRL	NON	OUI	NON	...	NON	NON	...	NON	NON	...	...	...	...	NON	NON
NRD	OUI	OUI	NON	NON	...	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI
CH	...	...	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	NON	NON	NON	NON	NON
UK	...	...	...	...	OUI	OUI	...	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	...
A	NON	OUI	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	NON	NON	...	NON	NON
I	OUI	OUI	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	NON	NON	NON	NON	...
CY	NON	NON	NON	...	NON	NON	NON	NON	NON	...	...	...	...	...	NON
GR	OUI	NON	OUI	...	OUI	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	NON	NON
TR	OUI	NON	OUI	...	NON	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	...	NON
YU	OUI	OUI	OUI	...	OUI	NON	OUI	...	NON	...	...	...	...	NON	NON
P	OUI	OUI	NON	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	...	NON	...	NON	...	...
E	OUI	...	OUI	NON	OUI	NON	...	NON	...	NON	NON	NON	NON	...	...

AVEC UN SEUIL DE: 60 LE NOMBRE MINIMUM DE DSI EST: 70

MATRICE DES TRAFIC DSI POTENTIELS APRES CONCENTRATION

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	27	139	0	0	17	80	20	33	38	34	38	123
F	0	0	0	42	193	0	0	32	113	15	45	44	39	99	0
D	0	0	0	43	52	0	0	0	0	12	71	105	56	54	51
IRL	27	42	43	0	49	17	0	6	17	0	0	0	0	4	12
NRD	139	193	52	49	0	77	33	40	77	8	64	27	46	48	60
CH	0	0	0	17	77	0	85	0	0	12	26	32	25	22	27
UK	0	0	0	0	33	85	0	38	202	43	89	38	33	49	0
A	17	32	0	6	40	0	38	0	0	6	24	12	0	6	20
I	80	113	0	17	77	0	202	0	0	10	31	16	20	22	0
CY	20	15	12	0	8	12	43	6	10	0	0	0	0	0	8
GR	33	45	71	0	64	26	89	24	31	0	0	0	0	15	16
TR	38	44	105	0	27	32	38	12	16	0	0	0	0	0	6
YU	34	39	56	0	46	25	33	0	20	0	0	0	0	7	13
P	38	99	54	4	48	22	49	6	22	0	15	0	7	0	0
E	123	0	51	12	60	27	0	20	0	8	16	6	13	0	0

MATRICE DES TRAFICS NON DSI

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	1	0	0	0	2	6	0	0	5	4	0	5	3
F	0	0	3	1	9	0	0	3	0	0	4	10	0	1	2
D	1	3	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2
IRL	0	1	2	0	4	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
NRD	0	9	2	4	0	0	0	1	2	5	1	0	0	3	0
CH	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
UK	2	0	0	3	0	0	0	0	1	1	5	38	0	13	1
A	6	3	0	0	1	0	0	0	2	2	0	0	0	2	0
I	0	0	0	0	2	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0
CY	0	0	0	0	5	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
GR	5	4	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
TR	4	10	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0	0	1	1
YU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	5	1	4	0	3	1	13	2	1	0	0	1	0	0	0
E	3	2	2	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0

IL FAUT AU MOINS 6 REPETEURS POUR ECOULER TOUT LE TRAFIC

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 1

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
I	UK	202	OUI
GR	CH	26	NON
A	IRL	6	NON
IRL	A	6	NON
P	IRL	4	NON
CY	UK	43	NON
CY	A	6	NON
CY	NRD	5	...
P	A	2	...
IRL	CH	1	...
I	A	2	...
NRD	D	2	...
CY	A	2	...
IRL	D	2	...
D	IRL	2	...
P	CH	1	...
CY	UK	1	...
NRD	A	1	...
IRL	F	1	...
F	IRL	1	...
E	UK	1	...
...	...	1	...
TR	A	12	NON
P	A	6	NON
A	BNL	6	...
P	D	4	...
CH	IRL	1	...
E	CH	1	...
...	...	1	...
NRD	BNL	139	OUI
TR	CH	32	NON
E	A	20	NON
I	BNL	80	OUI
NRD	CH	77	OUI
UK	CH	85	OUI
E	IRL	12	NON
CH	IRL	17	NON
A	NRD	1	...

D	BNL	1	...	
GR	NRD	1	...	
...	...	1	...	
GR	NRD	64	OUI	
IRL	CH	17	NON	
E	NRD	60	OUI	
UK	A	38	OUI	
BNL	A	6	...	
GR	BNL	5	...	
BNL	D	1	...	
I	UK	1	...	
...	...	1	...	
NRD	D	52	NON	
GR	BNL	33	OUI	
YU	UK	33	OUI	
A	F	32	OUI	
CY	BNL	20	NON	
D	IRL	43	NON	
YU	NRD	46	OUI	
A	NRD	40	OUI	
UK	NRD	33	OUI	
TR	NRD	27	NON	
CY	NRD	8	NON	
TR	UK	38	...	

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1413

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 2

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	OSI
NRD	F	193	OUI
E	BNL	123	OUI
I	F	113	OUI
GR	UK	89	OUI
CH	NRD	77	OUI
CH	UK	85	OUI
P	D	54	NON
GR	F	45	NON
P	UK	49	OUI
TR	F	44	NON
IRL	F	42	OUI
A	UK	38	OUI
CY	D	12	NON
D	NRD	52	NON
E	CH	27	NON
NRD	IRL	49	NON
F	A	32	OUI
IRL	D	43	NON
CY	F	15	NON
IRL	BNL	27	NON
CY	CH	12	NON
I	IRL	17	NON
P	UK	13	...
E	D	2	...
UK	BNL	2	...
E	F	2	...
BNL	UK	2	...
...	...	1	...
P	F	1	...
NRD	UK	33	OUI
NRD	F	9	...
TR	F	10	...
GR	F	4	...
GR	UK	5	...
A	F	3	...
...	...	23	...
F	NRD	9	...
...	...	3	...
IRL	NRD	4	...
D	NRD	2	...
...	...	1	...
P	NRD	3	...
...	...	1	...
I	NRD	2	...

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 3

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
F	NRD	193	OUI
TR	D	105	OUI
BNL	NRD	139	OUI
YU	D	56	OUI
P	F	99	OUI
GR	D	71	OUI
I	NRD	77	OUI
TR	BNL	38	OUI
E	D	51	OUI
YU	BNL	34	OUI
F	IRL	42	OUI
P	BNL	38	OUI
YU	CH	25	NON
YU	F	39	OUI
TR	UK	38	OUI
IRL	NRD	49	NON
P	CH	22	NON
P	NRD	48	NON
GR	A	24	NON
BNL	IRL	27	NON
NRD	A	40	OUI
P	BNL	5	...
UK	IRL	3	...
D	F	3	...
F	D	3	...
E	BNL	3	...
F	A	3	...
...	...	3	...
A	BNL	17	NON
BNL	A	17	NON
NRD	IRL	4	...
IRL	UK	3	...
...	...	3	...
TR	BNL	4	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1326

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 4

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
UK	I	202	OUI
F	I	113	OUI
D	GR	71	OUI
CY	I	10	NON
GR	I	31	NON
E	CY	8	NON
A	I	2	...
P	I	1	...
...	...	1	...
BNL	I	80	OUI
BNL	TR	38	OUI
F	TR	44	NON
I	GR	31	NON
BNL	GR	33	OUI
...	...	1	...
NRD	I	77	OUI
NRD	CY	8	NON
NRD	CY	5	...
...	...	3	...
UK	TR	38	OUI
UK	YU	33	OUI
I	YU	20	NON
NRD	YU	46	OUI
NRD	TR	27	NON
F	TR	10	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 933

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 5

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
D	TR	105	OUI
CH	GR	26	NON
P	YU	7	NON
D	YU	56	OUI
A	CY	6	NON
A	CY	2	...
UK	CY	1	...
NRD	GR	1	...
P	TR	1	...
...	...	1	...
UK	GR	89	OUI
CH	TR	32	NON
UK	CY	43	NON
E	YU	13	NON
A	TR	12	NON
D	CY	12	NON
E	TR	6	NON
E	TR	1	...
...	...	4	...
F	GR	45	NON
NRD	GR	64	OUI
TR	I	16	NON
E	GR	16	NON
BNL	GR	5	...
UK	GR	5	...
UK	I	1	...
...	...	5	...
BNL	YU	34	OUI
I	CY	10	NON
F	YU	39	OUI
P	I	22	NON
F	CY	15	NON
F	GR	4	...
...	...	1	...
CH	YU	25	NON
BNL	CY	20	NON
A	GR	24	NON
YU	I	20	NON
CH	CY	12	NON
BNL	TR	4	...
...	...	2	...
I	TR	16	NON
IRL	I	17	NON
NRD	I	2	...
...	...	6	...
P	GR	15	NON
UK	TR	38	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 901

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 6

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
BNL	E	123	OUI
YU	P	7	NON
A	E	20	NON
IRL	P	4	NON
YU	E	13	NON
IRL	E	12	NON
TR	E	6	NON
CY	E	8	NON
CH	E	1	...
CH	P	1	...
F	P	1	...
...	...	1	...
D	P	54	NON
D	E	51	OUI
GR	E	16	NON
GR	P	15	NON
TR	E	1	...
TR	P	1	...
...	...	1	...
F	P	99	OUI
UK	P	49	OUI
CH	E	27	NON
CH	P	22	NON
A	P	6	NON
A	P	2	...
D	E	2	...
UK	E	1	...
...	...	1	...
NRD	E	60	OUI
D	P	4	...
F	E	2	...
...	...	2	...
BNL	P	38	OUI
I	P	1	...
...	...	2	...
I	P	22	NON
BNL	P	5	...
BNL	E	3	...
...	...	78	...
NRD	P	3	...
NRD	P	48	NON
...	...	39	...
UK	P	13	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 865

PLAN DE CHARGE DES STATIONS

STATION: BNL

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	6	1	994	1000	...
D	1	1	1005	1006	...
UK	2	2	1257	1259	...
NRD	139	3	298	437	OUI
IRL	27	3	1188	1215	NON
A	17	3	1295	1312	NON
I	80	4	439	519	OUI
TR	38	4	519	557	OUI
GR	33	4	632	665	OUI
GR	5	5	559	564	...
YU	34	5	575	609	OUI
CY	20	5	725	745	NON
TR	4	5	801	805	...
E	123	6	0	123	OUI
P	38	6	613	651	OUI
P	5	6	676	681	...
E	3	6	681	684	...

STATION: F

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
IRL	1	1	315	316	...
A	32	2	1092	1124	OUI
NRD	9	2	1348	1357	...
NRD	193	3	0	193	OUI
IRL	42	3	863	905	OUI
D	3	3	1266	1269	...
A	3	3	1272	1275	...
I	113	4	202	315	OUI
TR	44	4	557	601	NON
TR	10	4	923	933	...
GR	45	5	418	463	NON
YU	39	5	619	658	OUI
CY	15	5	680	695	NON
GR	4	5	695	699	...
P	1	6	195	196	...
P	99	6	336	435	OUI
E	2	6	609	611	...

STATION: IRL

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	6	1	234	240	NON
CH	1	1	300	301	...
D	2	1	307	309	...
F	1	1	314	315	...
CH	17	1	879	896	NON
F	42	2	872	914	OUI
D	43	2	1124	1167	NON
BNL	27	2	1182	1209	NON
NRD	4	2	1360	1364	...
NRD	49	3	1045	1094	NON
UK	3	3	1316	1319	...
I	17	5	823	840	NON
P	4	6	150	154	NON
E	12	6	167	179	NON
P	1	6	195	196	...
P	99	6	336	435	OUI
E	2	6	609	611	...

STATION: D

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
IRL	2	1	309	311	...
BNL	1	1	812	813	...
IRL	43	1	1178	1221	NON
NRD	52	2	964	1016	NON
NRD	2	2	1364	1366	...
F	3	3	1263	1266	...
GR	71	4	315	386	OUI
TR	105	5	0	105	OUI
YU	56	5	138	194	OUI
CY	12	5	395	407	NON
P	54	6	197	251	NON
E	51	6	251	302	OUI
E	2	6	541	543	...
P	4	6	605	609	...
P	1	6	195	196	...
P	99	6	336	435	OUI
E	2	6	609	611	...

STATION: NRD

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
D	2	1	303	305	...
A	1	1	313	314	...
BNL	139	1	349	488	OUI
CH	77	1	620	697	OUI
D	52	1	1008	1060	NON
F	193	2	0	193	OUI
IRL	49	2	1043	1092	NON
UK	33	2	1261	1294	OUI
F	9	2	1294	1303	...
A	40	3	1215	1255	OUI
IRL	4	3	1312	1316	...
I	77	4	666	743	OUI
CY	8	4	743	751	NON
CY	5	4	751	756	...
YU	46	4	850	896	OUI
TR	27	4	896	923	NON
GR	1	5	203	204	...
GR	64	5	463	527	OUI
I	2	5	840	842	...
E	60	6	545	605	OUI
P	3	6	762	765	...
P	48	6	765	813	NON

STATION: CH

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
IRL	1	1	346	347	...
IRL	17	1	794	811	NON
NRD	77	2	518	595	OUI
UK	85	2	595	680	OUI
GR	26	5	105	131	NON
TR	32	5	295	327	NON
YU	25	5	700	725	NON
CY	12	5	789	801	NON
E	1	6	193	194	...
P	1	6	194	195	...
E	27	6	484	511	NON
P	22	6	511	533	NON
CY	8	4	743	751	NON
CY	5	4	751	756	...
YU	46	4	850	896	OUI
TR	27	4	896	923	NON
GR	1	5	203	204	...
GR	64	5	463	527	OUI
I	2	5	840	842	...
E	60	6	545	605	OUI
P	3	6	762	765	...
P	48	6	765	813	NON

STATION: UK

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
CH	85	1	697	782	OUI
A	38	1	956	994	OUI
NRD	33	1	1307	1340	OUI
BNL	2	2	1253	1255	...
IRL	3	3	1260	1263	...
I	202	4	0	202	OUI
TR	38	4	759	797	OUI
YU	33	4	797	830	OUI
CY	1	5	202	203	...
GR	89	5	206	295	OUI
CY	43	5	327	370	NON
GR	5	5	564	569	...
I	1	5	569	570	...
TR	38	5	863	901	...
P	49	6	435	484	OUI
E	1	6	543	544	...
P	13	6	852	865	...
GR	64	5	463	527	OUI
I	2	5	840	842	...
E	60	6	545	605	OUI
P	3	6	762	765	...
P	48	6	765	813	NON

STATION: A

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
IRL	6	1	228	234	NON
BNL	6	1	336	342	...
NRD	1	1	811	812	...
F	32	1	1126	1158	OUI
NRD	40	1	1267	1307	OUI
UK	38	2	914	952	OUI
F	3	2	1322	1325	...
BNL	17	3	1278	1295	NON
I	2	4	435	437	...
CY	6	5	194	200	NON
CY	2	5	200	202	...
TR	12	5	383	395	NON
GR	24	5	745	769	NON
E	20	6	130	150	NON
P	6	6	533	539	NON
P	2	6	539	541	...
P	13	6	852	865	...
GR	64	5	463	527	OUI
I	2	5	840	842	...
E	60	6	545	605	OUI
P	3	6	762	765	...
P	48	6	765	813	NON

STATION: I

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	202	1	0	202	OUI
A	2	1	301	303	...
BNL	80	1	540	620	OUI
UK	1	1	1006	1007	...
F	113	2	316	429	OUI
IRL	17	2	1221	1238	NON
NRD	2	2	1371	1373	...
NRD	77	3	663	740	OUI
GR	31	4	601	632	NON
YU	20	4	830	850	NON
CY	10	5	609	619	NON
TR	16	5	807	823	NON
P	1	6	651	652	...
P	22	6	654	676	NON
P	6	6	533	539	NON
P	2	6	539	541	...
P	13	6	852	865	...
GR	64	5	463	527	OUI
I	2	5	840	842	...
E	60	6	545	605	OUI
P	3	6	762	765	...
P	48	6	765	813	NON

STATION: CY

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	43	1	244	287	NON
A	6	1	287	293	NON
NRD	5	1	293	298	...
A	2	1	305	307	...
UK	1	1	312	313	...
BNL	20	1	1158	1178	NON
NRD	8	1	1367	1375	NON
D	12	2	952	964	NON
F	15	2	1167	1182	NON
CH	12	2	1209	1221	NON
I	10	4	386	396	NON
E	8	6	185	193	NON
P	1	6	651	652	...
P	22	6	654	676	NON
P	6	6	533	539	NON
P	2	6	539	541	...
P	13	6	852	865	...
GR	64	5	463	527	OUI
I	2	5	840	842	...
E	60	6	545	605	OUI
P	3	6	762	765	...
P	48	6	765	813	NON

STATION: GR

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
CH	26	1	202	228	NON
NRD	1	1	813	814	...
NRD	64	1	815	879	OUI
BNL	5	1	1000	1005	...
BNL	33	1	1060	1093	OUI
UK	89	2	429	518	OUI
F	45	2	734	779	NON
F	4	2	1313	1317	...
UK	5	2	1317	1322	...
D	71	3	592	663	OUI
A	24	3	1164	1188	NON
I	31	4	396	427	NON
E	16	6	302	318	NON
P	15	6	318	333	NON
P	6	6	533	539	NON
P	2	6	539	541	...
P	13	6	852	865	...
GR	64	5	463	527	OUI
I	2	5	840	842	...
E	60	6	545	605	OUI
P	3	6	762	765	...
P	48	6	765	813	NON

STATION: TR

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	12	1	318	330	NON
CH	32	1	488	520	NON
NRD	27	1	1340	1367	NON
UK	38	1	1375	1413	...
F	44	2	828	872	NON
F	10	2	1303	1313	...
D	105	3	193	298	OUI
BNL	38	3	740	778	OUI
UK	38	3	1007	1045	OUI
BNL	4	3	1322	1326	...
I	16	5	527	543	NON
E	6	6	179	185	NON
E	1	6	333	334	...
P	1	6	334	335	...
P	6	6	533	539	NON
P	2	6	539	541	...
P	13	6	852	865	...
GR	64	5	463	527	OUI
I	2	5	840	842	...
E	60	6	545	605	OUI
P	3	6	762	765	...
P	48	6	765	813	NON

STATION: YU

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	33	1	1093	1126	OUI
NRD	46	1	1221	1267	OUI
D	56	3	437	493	OUI
BNL	34	3	829	863	OUI
CH	25	3	943	968	NON
F	39	3	968	1007	OUI
I	20	5	769	789	NON
P	7	6	123	130	NON
E	13	6	154	167	NON
BNL	4	3	1322	1326	...
I	16	5	527	543	NON
E	6	6	179	185	NON
E	1	6	333	334	...
P	1	6	334	335	...
P	6	6	533	539	NON
P	2	6	539	541	...
P	13	6	852	865	...
GR	64	5	463	527	OUI
I	2	5	840	842	...
E	60	6	545	605	OUI
P	3	6	762	765	...
P	48	6	765	813	NON

STATION: P

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
IRL	4	1	240	244	NON
A	2	1	298	300	...
CH	1	1	311	312	...
A	6	1	330	336	NON
D	4	1	342	346	...
D	54	2	680	734	NON
UK	49	2	779	828	OUI
UK	13	2	1238	1251	...
F	1	2	1260	1261	...
NRD	3	2	1367	1370	...
F	99	3	493	592	OUI
BNL	38	3	905	943	OUI
CH	22	3	1094	1116	NON
NRD	48	3	1116	1164	NON
BNL	5	3	1255	1260	...
I	1	4	437	438	...
YU	7	5	131	138	NON
TR	1	5	204	205	...
I	22	5	658	680	NON
GR	15	5	848	863	NON
P	3	6	762	765	...
P	48	6	765	813	NON

STATION: E

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	1	1	316	317	---
CH	1	1	347	348	---
A	20	1	520	540	NON
IRL	12	1	782	794	NON
NRD	60	1	896	956	OUI
BNL	123	2	193	316	OUI
CH	27	2	1016	1043	NON
D	2	2	1251	1253	---
F	2	2	1255	1257	---
D	51	3	778	829	OUI
BNL	3	3	1269	1272	---
CY	8	4	427	435	NON
YU	13	5	370	383	NON
TR	6	5	407	413	NON
TR	1	5	413	414	---
GR	16	5	543	559	NON
YU	7	5	131	138	NON
TR	1	5	204	205	---
I	22	5	658	680	NON
GR	15	5	848	863	NON
P	3	6	762	765	---
P	48	6	765	813	NON

MATRICE DES TRAFICS DSI POTENTIELS

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	30	313	0	0	19	176	22	81	88	82	86	288
F	0	0	0	94	412	0	0	68	254	16	45	50	86	226	0
D	0	0	0	49	56	0	0	0	0	12	154	236	120	60	116
IRL	30	94	49	0	54	18	0	6	18	0	0	0	0	6	17
NRD	313	412	56	54	0	166	76	86	166	8	137	28	100	51	132
CH	0	0	0	18	166	0	188	0	0	12	30	35	28	26	31
UK	0	0	0	0	76	188	0	84	442	64	196	83	73	110	95
A	19	68	0	6	86	0	84	0	0	8	30	14	0	8	22
I	176	254	0	18	166	0	442	0	0	12	34	18	22	25	75
CY	22	16	12	0	8	12	64	8	12	0	0	0	0	0	8
GR	81	45	154	0	137	30	196	30	34	0	0	0	0	17	22
TR	88	50	236	0	28	35	83	14	18	0	0	0	0	0	6
YU	82	86	120	0	100	28	73	0	22	0	0	0	0	8	16
P	86	226	60	6	51	26	110	8	25	0	17	0	8	0	0
E	288	0	116	17	132	31	95	22	75	8	22	6	16	0	0

ANNEE 1987

MATRICE D'UTILISATION DES DSI

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	...	...	...	NON	OUI	...	...	NON	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
F	...	...	...	OUI	OUI	...	...	OUI	OUI	NON	NON	NON	OUI	OUI	...
D	...	...	...	NON	NON	...	...	...	...	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
IRL	NON	OUI	NON	...	NON	NON	...	NON	NON	...	...	...	...	NON	NON
NRD	OUI	OUI	NON	NON	...	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI
CH	...	...	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	NON	NON	NON	NON	NON
UK	...	...	...	...	OUI	OUI	...	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
A	NON	OUI	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	NON	NON	...	NON	NON
I	OUI	OUI	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	NON	NON	NON	NON	OUI
CY	NON	NON	NON	...	NON	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	...	NON
GR	OUI	NON	OUI	...	OUI	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	NON	NON
TR	OUI	NON	OUI	...	NON	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	...	NON
YU	OUI	OUI	OUI	...	OUI	NON	OUI	...	NON	...	...	...	...	NON	NON
P	OUI	OUI	OUI	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	...	NON	...	NON	...	...
E	OUI	...	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	...	...

AVEC UN SEUIL DE: 60 LE NOMBRE MINIMUM DE DSI EST: 80

MATRICE DES TRAFIC DSI POTENTIELS APRES CONCENTRATION

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	30	157	0	0	19	88	22	41	44	41	43	144
F	0	0	0	47	206	0	0	34	127	16	45	50	43	113	0
D	0	0	0	49	56	0	0	0	0	12	77	118	60	30	58
IRL	30	47	49	0	54	18	0	6	18	0	0	0	0	6	17
NRD	157	206	56	54	0	83	38	43	83	8	69	28	50	51	66
CH	0	0	0	18	83	0	94	0	0	12	30	35	28	26	31
UK	0	0	0	0	38	94	0	42	221	32	98	42	37	55	48
A	19	34	0	6	43	0	42	0	0	8	30	14	0	8	22
I	88	127	0	18	83	0	221	0	0	12	34	18	22	25	38
CY	22	16	12	0	8	12	32	8	12	0	0	0	0	0	8
GR	41	45	77	0	69	30	98	30	34	0	0	0	0	17	22
TR	44	50	118	0	28	35	42	14	18	0	0	0	0	0	6
YU	41	43	60	0	50	28	37	0	22	0	0	0	0	8	16
P	43	113	30	6	51	26	55	8	25	0	17	0	8	0	0
E	144	0	58	17	66	31	48	22	38	8	22	6	16	0	0

MATRICE DES TRAFICS NON DSI

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	1	0	0	0	2	6	0	0	6	4	0	5
F	0	0	3	4	1	10	0	0	4	0	0	4	12	2	2
D	0	3	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	4
IRL	1	4	2	0	4	4	2	4	0	0	0	0	0	0	0
NRD	0	1	2	4	0	0	0	0	1	2	5	1	0	0	3
CH	0	10	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
UK	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	1	6	42	0	15
A	2	0	0	4	0	0	1	0	1	2	2	4	0	0	2
I	6	4	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	2	1
CY	0	0	0	0	2	0	1	2	0	0	0	0	0	2	0
GR	0	0	0	0	5	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
TR	6	4	0	0	1	0	6	4	0	0	0	0	0	0	1
YU	4	12	0	0	0	0	42	0	1	0	0	0	0	1	0
P	0	2	2	0	0	0	0	0	2	2	0	0	1	0	0
E	5	2	4	0	3	1	15	2	1	0	0	1	0	0	0

IL FAUT AU MOINS 6 REPETEURS POUR ECOULER TOUT LE TRAFIC

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 1

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
I	UK	221	OUI
GR	CH	30	NON
CY	A	8	NON
P	IRL	6	NON
NRD	CH	83	OUI
CH	D	2	...
CY	A	2	...
NRD	D	2	...
P	D	2	...
UK	A	1	...
E	CH	1	...
CY	UK	1	...
IRL	BNL	1	...
...	...	1	...
NRD	BNL	157	OUI
TR	CH	35	NON
P	F	113	OUI
E	UK	48	OUI
CH	UK	94	OUI
IRL	F	47	OUI
GR	A	30	NON
GR	NRD	69	OUI
CY	BNL	22	NON
P	BNL	43	OUI
A	UK	42	OUI
CY	D	12	NON
NRD	D	56	NON
F	A	34	OUI
IRL	NRD	54	NON
CY	UK	32	OUI
A	IRL	4	...
I	NRD	1	...
TR	NRD	1	...
BNL	IRL	1	...
I	A	1	...
NRD	F	1	...
F	NRD	1	...
...	...	1	...
P	NRD	51	NON
YU	NRD	50	OUI
A	NRD	43	OUI
UK	NRD	38	OUI
TR	NRD	28	NON
CY	NRD	8	NON
CY	NRD	2	...
GR	NRD	5	...
TR	BNL	6	...
NRD	IRL	4	...
TR	UK	6	...
GR	A	2	...
I	F	4	...
E	NRD	3	...
TR	F	4	...
D	F	3	...
GR	UK	1	...
E	F	2	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1520

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 2

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	OSI
NRD	F	206	OUI
E	BNL	144	OUI
I	F	127	OUI
GR	UK	98	OUI
CH	NRD	83	OUI
TR	A	14	NON
UK	CH	94	OUI
E	D	58	OUI
TR	BNL	44	OUI
IRL	D	49	NON
YU	F	43	OUI
E	NRD	66	OUI
YU	CH	28	NON
D	NRD	56	NON
A	F	34	OUI
NRD	IRL	54	NON
YU	BNL	41	OUI
YU	UK	37	OUI
CY	F	16	NON
A	BNL	19	NON
CH	IRL	18	NON
NRD	A	43	OUI
NRD	UK	38	OUI
P	A	8	NON
IRL	A	6	NON
IRL	A	4	...
CH	F	10	...
F	CH	10	...
I	BNL	6	...
E	D	4	...
TR	A	4	...
YU	F	12	...
IRL	NRD	4	...
E	BNL	5	...
D	NRD	2	...
YU	BNL	4	...
IRL	CH	4	...
IRL	D	2	...
F	D	3	...
E	A	2	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1500

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 3

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
F	NRD	206	OUI
TR	D	118	OUI
BNL	NRD	157	OUI
YU	D	60	OUI
E	A	22	NON
I	BNL	88	OUI
GR	D	77	OUI
I	NRD	83	OUI
F	IRL	47	OUI
P	UK	55	OUI
D	IRL	49	NON
TR	F	50	NON
UK	A	42	OUI
TR	UK	42	OUI
GR	BNL	41	OUI
E	CH	31	NON
GR	F	45	NON
P	D	30	OUI
IRL	BNL	30	NON
BNL	IRL	30	NON
BNL	A	19	NON
IRL	CH	18	NON
P	CH	26	NON
E	IRL	17	NON
I	IRL	18	NON
CY	CH	12	NON
A	IRL	6	NON
YU	UK	42	...
E	UK	15	...
D	CH	2	...
IRL	F	4	...
F	IRL	4	...
CH	IRL	4	...
A	BNL	2	...
D	IRL	2	...
UK	IRL	2	...
P	F	2	...
...	...	2	...
A	UK	1	...
...	...	1	...
BNL	A	2	...
IRL	UK	2	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1506

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 4

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
UK	I	221	OUI
F	I	127	OUI
A	GR	30	NON
E	TR	1	...
YU	I	1	...
A	I	1	...
E	I	1	...
...	...	1	...
D	GR	77	OUI
D	CY	12	NON
CY	I	12	NON
...	...	1	...
BNL	I	88	OUI
NRD	I	83	OUI
NRD	GR	69	OUI
BNL	GR	41	OUI
P	I	2	...
...	...	2	...
UK	TR	42	OUI
...	...	2	...
NRD	I	1	...
I	GR	34	NON
UK	CY	32	OUI
UK	YU	37	OUI
NRD	YU	50	OUI
I	YU	22	NON
F	YU	12	...
BNL	YU	4	...
...	...	24	...
E	YU	16	NON
...	...	12	...
UK	YU	42	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1100

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 5

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
D	TR	118	OUI
CH	GR	30	NON
A	CY	8	NON
P	YU	8	NON
CH	TR	35	NON
A	TR	14	NON
NRD	CY	8	NON
NRD	CY	2	...
NRD	GR	5	...
I	YU	1	...
UK	CY	1	...
P	YU	1	...
NRD	TR	1	...
UK	GR	1	...
...	...	1	...
UK	GR	98	OUI
D	YU	60	OUI
E	I	38	OUI
GR	I	34	NON
E	TR	6	NON
A	TR	4	...
P	CY	2	...
A	CY	2	...
A	GR	2	...
...	...	2	...
F	YU	43	OUI
F	TR	50	NON
CH	CY	12	NON
...	...	3	...
BNL	TR	44	OUI
BNL	CY	22	NON
F	CY	16	NON
BNL	I	6	...
...	...	1	...
CH	YU	28	NON
P	I	25	NON
TR	I	18	NON
YU	I	22	NON
E	CY	8	NON
...	...	3	...
F	GR	45	NON
BNL	YU	41	OUI
I	TR	18	NON
E	GR	22	NON
I	CY	12	NON
BNL	TR	6	...
UK	TR	6	...
...	...	1	...
P	GR	17	NON
IRL	I	18	NON
F	I	4	...
F	TR	4	...
...	...	8	...
NRD	TR	28	NON

CHARGE TOTAL

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
BNL	E	144	OUI
YU	P	8	NON
TR	E	1	...
CY	P	2	...
YU	P	1	...
CH	E	1	...
...	...	1	...
A	E	22	NON
IRL	P	6	NON
D	E	58	OUI
I	E	38	OUI
BNL	P	43	OUI
I	P	25	NON
GR	E	22	NON
F	P	2	...
...	...	1	...
F	P	113	OUI
UK	E	48	OUI
UK	P	55	OUI
D	P	30	OUI
GR	P	17	NON
TR	E	6	NON
IRL	E	17	NON
YU	E	16	NON
A	P	8	NON
CY	E	8	NON
D	E	4	...
I	P	2	...
BNL	E	5	...
D	P	2	...
A	E	2	...
F	E	2	...
I	E	1	...
...	...	14	...
NRD	E	3	...
...	...	20	...
NRD	E	56	OUI
...	...	10	...
CH	E	31	NON
NRD	P	51	NON
CH	P	26	NON
...	...	10	...
UK	E	15	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 957

PLAN DE CHARGE DES STATIONS

STATION: BNL

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
IRL	1	1	1255	1256	...
NRD	157	3	324	481	OUI
IRL	30	3	1273	1303	NON
A	19	3	1303	1322	NON
A	2	3	1502	1504	...
I	88	4	485	573	OUI
GR	41	4	725	766	OUI
YU	4	4	1002	1006	...
TR	44	5	590	634	OUI
CY	22	5	634	656	NON
I	6	5	672	678	...
YU	41	5	828	869	OUI
TR	6	5	921	927	...
E	144	6	0	144	OUI
P	43	6	282	325	OUI
E	5	6	699	704	...
YU	7	5	131	138	NON
TR	1	5	204	205	...
I	22	5	658	680	NON
GR	15	5	848	863	NON
P	3	6	762	765	...
P	48	6	765	813	NON

STATION: F

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	34	1	1129	1163	OUI
NRD	1	1	1258	1259	...
CH	10	2	1438	1448	...
D	3	2	1495	1498	...
NRD	206	3	0	206	OUI
IRL	47	3	811	858	OUI
IRL	4	3	1482	1486	...
I	127	4	221	348	OUI
YU	12	4	990	1002	...
YU	43	5	482	525	OUI
TR	50	5	525	575	NON
CY	16	5	656	672	NON
GR	45	5	783	828	NON
I	4	5	969	973	...
TR	4	5	973	977	...
P	2	6	372	374	...
P	113	6	375	488	OUI
E	2	6	708	710	...
I	22	5	658	680	NON
GR	15	5	848	863	NON
P	3	6	762	765	...
P	48	6	765	813	NON

STATION: D

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
F	3	1	1514	1517	...
NRD	56	2	1054	1110	NON
NRD	2	2	1483	1485	...
IRL	49	3	913	962	NON
CH	2	3	1476	1478	...
IRL	2	3	1492	1494	...
GR	77	4	383	460	OUI
CY	12	4	460	472	NON
TR	118	5	0	118	OUI
YU	60	5	332	392	OUI
E	58	6	186	244	OUI
P	30	6	591	621	OUI
E	4	6	693	697	...
P	2	6	704	706	...
TR	4	5	973	977	...
P	2	6	372	374	...
P	113	6	375	488	OUI
E	2	6	708	710	...
I	22	5	658	680	NON
GR	15	5	848	863	NON
P	3	6	762	765	...
P	48	6	765	813	NON

STATION: IRL

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
BNL	1	1	359	360	...
F	47	1	808	855	OUI
NRD	54	1	1163	1217	NON
D	49	2	868	917	NON
A	6	2	1418	1424	NON
A	4	2	1424	1428	...
NRD	4	2	1474	1478	...
CH	4	2	1489	1493	...
D	2	2	1493	1495	...
BNL	30	3	1243	1273	NON
CH	18	3	1322	1340	NON
F	4	3	1478	1482	...
UK	2	3	1504	1506	...
I	18	5	951	969	NON
P	6	6	180	186	NON
E	17	6	644	661	NON
P	113	6	375	488	OUI
E	2	6	708	710	...
I	22	5	658	680	NON
GR	15	5	848	863	NON
P	3	6	762	765	...
P	48	6	765	813	NON

STATION: NRD

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
CH	83	1	265	348	OUI
D	2	1	352	354	...
BNL	157	1	361	518	OUI
D	56	1	1073	1129	NON
F	1	1	1257	1258	...
IRL	4	1	1491	1495	...
F	206	2	0	206	OUI
IRL	54	2	1144	1198	NON
A	43	2	1329	1372	OUI
UK	38	2	1372	1410	OUI
I	83	4	573	656	OUI
GR	69	4	656	725	OUI
I	1	4	814	815	...
YU	50	4	918	968	OUI
CY	8	5	213	221	NON
CY	2	5	221	223	...
GR	5	5	223	228	...
TR	1	5	231	232	...
TR	28	5	985	1013	NON
E	3	6	725	728	...
E	66	6	748	814	OUI
P	51	6	855	906	NON

STATION: CH

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
D	2	1	348	350	...
UK	94	1	714	808	OUI
NRD	83	2	575	658	OUI
IRL	18	2	1311	1329	NON
F	10	2	1428	1438	...
IRL	4	3	1486	1490	...
GR	30	5	118	148	NON
TR	35	5	164	199	NON
CY	12	5	575	587	NON
YU	28	5	679	707	NON
E	1	6	156	157	...
E	31	6	824	855	NON
P	26	6	906	932	NON
YU	50	4	918	968	OUI
CY	8	5	213	221	NON
CY	2	5	221	223	...
GR	5	5	223	228	...
TR	1	5	231	232	...
TR	28	5	985	1013	NON
E	3	6	725	728	...
E	66	6	748	814	OUI
P	51	6	855	906	NON

STATION: UK

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	1	1	356	357	...
NRD	38	1	1404	1442	OUI
CH	94	2	672	766	OUI
A	42	3	1012	1054	OUI
IRL	2	3	1494	1496	...
I	221	4	0	221	OUI
TR	42	4	770	812	OUI
CY	32	4	849	881	OUI
YU	37	4	881	918	OUI
YU	42	4	1058	1100	...
CY	1	5	229	230	...
GR	1	5	232	233	...
GR	98	5	234	332	OUI
TR	6	5	927	933	...
E	48	6	488	536	OUI
P	55	6	536	591	OUI
E	15	6	942	957	...
TR	1	5	231	232	...
TR	28	5	985	1013	NON
E	3	6	725	728	...
E	66	6	748	814	OUI
P	51	6	855	906	NON

STATION: A

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	42	1	1019	1061	OUI
IRL	4	1	1249	1253	...
NRD	43	1	1361	1404	OUI
F	34	2	1110	1144	OUI
BNL	19	2	1292	1311	NON
IRL	6	3	1413	1419	NON
BNL	2	3	1490	1492	...
UK	1	3	1500	1501	...
GR	30	4	348	378	NON
I	1	4	380	381	...
CY	8	5	148	156	NON
TR	14	5	199	213	NON
TR	4	5	470	474	...
CY	2	5	476	478	...
GR	2	5	478	480	...
E	22	6	158	180	NON
P	8	6	677	685	NON
E	2	6	706	708	...
TR	28	5	985	1013	NON
E	3	6	725	728	...
E	66	6	748	814	OUI
P	51	6	855	906	NON

STATION: I

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	221	1	0	221	OUI
NRD	1	1	1253	1254	...
A	1	1	1256	1257	...
F	4	1	1503	1507	...
F	127	2	350	477	OUI
BNL	6	2	1448	1454	...
BNL	88	3	563	651	OUI
NRD	83	3	728	811	OUI
IRL	18	3	1383	1401	NON
GR	34	4	815	849	NON
YU	22	4	968	990	NON
YU	1	5	228	229	...
TR	18	5	869	887	NON
CY	12	5	909	921	NON
E	38	6	244	282	OUI
P	25	6	325	350	NON
P	2	6	697	699	...
E	1	6	710	711	...
TR	28	5	985	1013	NON
E	3	6	725	728	...
E	66	6	748	814	OUI
P	51	6	855	906	NON

STATION: CY

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	8	1	251	259	NON
A	2	1	350	352	...
UK	1	1	358	359	...
BNL	22	1	954	976	NON
D	12	1	1061	1073	NON
UK	32	1	1217	1249	OUI
NRD	8	1	1470	1478	NON
NRD	2	1	1478	1480	...
F	16	2	1276	1292	NON
CH	12	3	1401	1413	NON
I	12	4	472	484	NON
P	2	6	153	155	...
E	8	6	685	693	NON
CY	12	5	909	921	NON
E	38	6	244	282	OUI
P	25	6	325	350	NON
P	2	6	697	699	...
E	1	6	710	711	...
TR	28	5	985	1013	NON
E	3	6	725	728	...
E	66	6	748	814	OUI
P	51	6	855	906	NON

STATION: GR

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
CH	30	1	221	251	NON
A	30	1	855	885	NON
NRD	69	1	885	954	OUI
NRD	5	1	1480	1485	...
A	2	1	1501	1503	...
UK	1	1	1517	1518	...
UK	98	2	477	575	OUI
D	77	3	651	728	OUI
BNL	41	3	1096	1137	OUI
F	45	3	1168	1213	NON
I	34	5	430	464	NON
E	22	6	350	372	NON
P	17	6	621	638	NON
CY	12	5	909	921	NON
E	38	6	244	282	OUI
P	25	6	325	350	NON
P	2	6	697	699	...
E	1	6	710	711	...
TR	28	5	985	1013	NON
E	3	6	725	728	...
E	66	6	748	814	OUI
P	51	6	855	906	NON

STATION: TR

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
CH	35	1	518	553	NON
NRD	1	1	1254	1255	...
NRD	28	1	1442	1470	NON
BNL	6	1	1485	1491	...
UK	6	1	1495	1501	...
F	4	1	1510	1514	...
A	14	2	658	672	NON
BNL	44	2	824	868	OUI
A	4	2	1458	1462	...
D	118	3	206	324	OUI
F	50	3	962	1012	NON
UK	42	3	1054	1096	OUI
I	18	5	732	750	NON
E	1	6	152	153	...
E	6	6	638	644	NON
P	25	6	325	350	NON
P	2	6	697	699	...
E	1	6	710	711	...
TR	28	5	985	1013	NON
E	3	6	725	728	...
E	66	6	748	814	OUI
P	51	6	855	906	NON

STATION: YU

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
NRD	50	1	1311	1361	OUI
F	43	2	917	960	OUI
CH	28	2	1026	1054	NON
BNL	41	2	1198	1239	OUI
UK	37	2	1239	1276	OUI
F	12	2	1462	1474	...
BNL	4	2	1485	1489	...
D	60	3	481	541	OUI
UK	42	3	1419	1461	...
I	1	4	379	380	...
I	22	5	750	772	NON
P	8	6	144	152	NON
P	1	6	155	156	...
E	16	6	661	677	NON
E	6	6	638	644	NON
P	25	6	325	350	NON
P	2	6	697	699	...
E	1	6	710	711	...
IR	28	5	985	1013	NON
E	3	6	725	728	...
E	66	6	748	814	OUI
P	51	6	855	906	NON

STATION: P

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
IRL	6	1	259	265	NON
B	2	1	354	356	...
F	113	1	553	666	OUI
BNL	43	1	976	1019	OUI
NRD	51	1	1260	1311	NON
A	8	2	1410	1418	NON
UK	55	3	858	913	OUI
D	30	3	1213	1243	OUI
CH	26	3	1340	1366	NON
F	2	3	1496	1498	...
I	2	4	766	768	...
YU	8	5	156	164	NON
YU	1	5	230	231	...
CY	2	5	474	476	...
I	25	5	707	732	NON
GR	17	5	934	951	NON
P	2	6	697	699	...
E	1	6	710	711	...
TR	28	5	985	1013	NON
E	3	6	725	728	...
E	66	6	748	814	OUI
P	51	6	855	906	NON

STATION: E

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
CH	1	1	357	358	...
UK	48	1	666	714	OUI
NRD	3	1	1507	1510	...
F	2	1	1518	1520	...
BNL	144	2	206	350	OUI
D	58	2	766	824	OUI
NRD	66	2	960	1026	OUI
D	4	2	1454	1458	...
BNL	5	2	1478	1483	...
A	2	2	1498	1500	...
A	22	3	541	563	NON
CH	31	3	1137	1168	NON
IRL	17	3	1366	1383	NON
UK	15	3	1461	1476	...
TR	1	4	378	379	...
I	1	4	381	382	...
YU	16	4	1030	1046	NON
I	38	5	392	430	OUI
TR	6	5	464	470	NON
CY	8	5	772	780	NON
GR	22	5	887	909	NON
P	51	6	855	906	NON

MATRICE DES TRAFICS DSI POTENTIELS

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	34	345	0	0	20	193	23	96	100	96	104	337
F	0	0	0	105	442	0	0	72	288	17	65	58	95	259	0
D	0	0	0	56	60	0	0	0	0	14	180	260	124	70	134
IRL	34	105	56	0	55	20	0	6	20	0	0	0	0	6	23
NRD	345	442	60	55	0	181	86	94	177	10	147	31	109	57	146
CH	0	0	0	20	181	0	206	0	0	12	32	40	32	28	35
UK	0	0	0	0	86	206	0	93	485	75	212	90	79	122	115
A	20	72	0	6	94	0	93	0	0	8	32	14	0	8	24
I	193	288	0	20	177	0	485	0	0	14	38	21	24	28	104
CY	23	17	14	0	10	12	75	8	14	0	0	0	0	0	10
GR	96	65	180	0	147	32	212	32	38	0	0	0	0	19	24
TR	100	58	260	0	31	40	90	14	21	0	0	0	0	0	8
YU	96	95	124	0	109	32	79	0	24	0	0	0	0	10	18
P	104	259	70	6	57	28	122	8	28	0	19	0	10	0	0
E	337	0	134	23	146	35	115	24	104	10	24	8	18	0	0

ANNEE 1988

MATRICE D'UTILISATION DES DSI

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	...	...	...	NON	OUI	...	...	NON	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
F	...	...	...	OUI	OUI	...	...	OUI	OUI	NON	OUI	NON	OUI	OUI	...
D	...	...	...	NON	OUI	...	...	...	...	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
IRL	NON	OUI	NON	...	NON	NON	...	NON	NON	...	...	...	...	NON	NON
NRD	OUI	OUI	OUI	NON	...	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI
CH	...	...	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	NON	NON	NON	NON	NON
UK	...	...	...	...	OUI	OUI	...	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
A	NON	OUI	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	NON	NON	...	NON	NON
I	OUI	OUI	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	NON	NON	NON	NON	OUI
CY	NON	NON	NON	...	NON	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	...	NON
GR	OUI	OUI	OUI	...	OUI	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	NON	NON
TR	OUI	NON	OUI	...	NON	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	...	NON
YU	OUI	OUI	OUI	...	OUI	NON	OUI	...	NON	...	...	...	...	NON	NON
P	OUI	OUI	OUI	NON	NON	NON	OUI	NON	NON	...	NON	...	NON	...	...
E	OUI	...	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	...	...

AVEC UN SEUIL DE: 60 LE NOMBRE MINIMUM DE DSI EST: 90

MATRICE DES TRAFIC DSI POTENTIELS APRES CONCENTRATION

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	34	173	0	0	20	97	23	48	50	48	52	169
F	0	0	0	53	221	0	0	36	144	17	33	58	48	130	0
D	0	0	0	56	30	0	0	0	0	14	90	130	62	35	67
IRL	34	53	56	0	55	20	0	6	20	0	0	0	0	6	23
NRD	173	221	30	55	0	91	43	47	89	10	74	31	55	57	73
CH	0	0	0	20	91	0	103	0	0	12	32	40	32	28	35
UK	0	0	0	0	43	103	0	47	243	38	106	45	40	61	58
A	20	36	0	6	47	0	47	0	0	8	32	14	0	8	24
I	97	144	0	20	89	0	243	0	0	14	38	21	24	28	52
CY	23	17	14	0	10	12	38	8	14	0	0	0	0	0	10
GR	48	33	90	0	74	32	106	32	38	0	0	0	0	19	24
TR	50	58	130	0	31	40	45	14	21	0	0	0	0	0	8
YU	48	48	62	0	55	32	40	0	24	0	0	0	0	10	18
P	52	130	35	6	57	28	61	8	28	0	19	0	10	0	0
E	169	0	67	23	73	35	58	24	52	10	24	8	18	0	0

MATRICE DES TRAFICS NON DSI

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	1	0	1	0	0	0	2	6	0	0	8	4	0
F	0	0	5	3	4	1	12	0	1	6	0	0	6	12	2
D	1	5	0	2	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	2
IRL	0	3	2	0	5	4	5	2	4	0	0	0	0	0	0
NRD	1	4	2	5	0	0	0	0	0	1	2	5	1	0	0
CH	0	1	2	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
UK	0	12	3	5	0	4	0	1	1	0	1	1	6	48	0
A	0	0	0	2	0	0	1	0	17	1	3	2	6	0	0
I	2	1	0	4	0	0	1	17	0	2	0	0	0	1	2
CY	6	6	0	0	1	0	0	1	2	0	1	0	0	0	3
GR	0	0	0	0	2	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0
TR	0	0	0	0	5	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0
YU	8	6	0	0	1	0	6	6	0	0	0	0	0	1	1
P	4	12	0	0	0	0	48	0	1	0	0	0	1	0	0
E	0	2	2	0	0	0	0	0	2	3	0	0	1	0	0

IL FAUT AU MOINS 6 REPETEURS POUR ECOULER TOUT LE TRAFIC

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 1

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	OSI
I	UK	243	OUI
GR	CH	32	NON
CY	A	8	NON
GR	UK	106	OUI
CY	A	1	...
A	UK	1	...
UK	A	1	...
NRD	BNL	1	...
GR	UK	1	...
TR	UK	1	...
...	...	1	...
NRD	BNL	173	OUI
P	A	8	NON
P	F	130	OUI
E	UK	58	OUI
TR	A	14	NON
I	NRD	89	OUI
YU	D	62	OUI
GR	NRD	74	OUI
YU	BNL	48	OUI
E	NRD	73	OUI
A	UK	47	OUI
YU	CH	32	NON
YU	F	48	OUI
E	IRL	23	NON
NRD	IRL	55	NON
GR	F	33	OUI
IRL	BNL	34	NON
BNL	IRL	34	NON
A	NRD	47	OUI
UK	NRD	43	OUI
TR	NRD	31	NON
D	NRD	30	OUI
CY	NRD	10	NON
NRD	IRL	5	...
CY	BNL	6	...
YU	A	6	...
E	D	2	...
NRD	D	2	...
TR	A	2	...
...	...	1	...
D	NRD	2	...
UK	IRL	5	...
GR	NRD	2	...
I	BNL	2	...
YU	NRD	1	...
...	...	1	...
IRL	UK	5	...
CH	UK	4	...
UK	D	3	...
IRL	F	3	...
IRL	D	2	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1646

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 2

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
NRD	F	221	OUI
E	BNL	169	OUI
I	F	144	OUI
TR	CH	40	NON
I	BNL	97	OUI
NRD	CH	91	OUI
UK	CH	103	OUI
TR	F	58	NON
E	A	24	NON
IRL	D	56	NON
A	F	36	OUI
F	A	36	OUI
F	IRL	53	OUI
UK	A	47	OUI
CY	F	17	NON
CY	NRD	1	...
D	BNL	1	...
BNL	D	1	...
BNL	NRD	1	...
I	UK	1	...
CH	F	1	...
I	F	1	...
...	...	1	...
P	NRD	57	NON
CY	D	14	NON
IRL	NRD	55	NON
E	CH	35	NON
CY	UK	38	OUI
GR	A	32	NON
NRD	A	47	OUI
NRD	UK	43	OUI
A	IRL	6	NON
P	IRL	6	NON
CY	F	6	...
D	CH	2	...
CH	IRL	4	...
IRL	CH	4	...
I	IRL	4	...
GR	A	3	...
F	CH	1	...
...	...	1	...
IRL	A	6	NON
P	UK	48	...
IRL	NRD	5	...
F	UK	12	...
P	F	12	...
YU	UK	6	...
F	D	5	...
IRL	A	2	...
NRD	F	4	...
D	UK	3	...
E	F	2	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1663

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 3

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
F	NRD	221	OUI
TR	D	130	OUI
BNL	NRD	173	OUI
E	D	67	OUI
CH	NRD	91	OUI
GR	D	90	OUI
CH	UK	103	OUI
P	BNL	52	OUI
P	UK	61	OUI
D	IRL	56	NON
CY	CH	12	NON
IRL	F	53	OUI
TR	BNL	50	OUI
P	D	35	OUI
GR	BNL	48	OUI
TR	UK	45	OUI
YU	UK	40	OUI
CY	BNL	23	NON
YU	NRD	55	OUI
P	CH	28	NON
CH	IRL	20	NON
IRL	CH	20	NON
A	BNL	20	NON
I	IRL	20	NON
BNL	A	20	NON
NRD	D	30	OUI
I	A	17	...
YU	BNL	8	...
CH	D	2	...
UK	F	12	...
TR	NRD	5	...
YU	F	6	...
P	BNL	4	...
D	F	5	...
UK	CH	4	...
A	IRL	2	...
F	NRD	4	...
F	IRL	3	...
D	IRL	2	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1637

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 4

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
UK	I	243	OUI
F	I	144	OUI
CH	CY	12	NON
GR	I	38	NON
P	I	1	...
GR	CY	1	...
E	YU	1	...
UK	I	1	...
...	...	1	...
D	YU	62	OUI
D	CY	14	NON
A	TR	2	...
...	...	2	...
F	CY	6	...
...	...	1	...
BNL	I	97	OUI
BNL	YU	48	OUI
BNL	TR	50	OUI
P	I	28	NON
CY	I	14	NON
...	...	1	...
NRD	I	89	OUI
E	CY	10	NON
BNL	I	2	...
...	...	2	...
UK	TR	45	OUI
UK	YU	40	OUI
YU	I	24	NON
A	YU	6	...
...	...	1	...
NRD	YU	55	OUI
I	YU	24	NON
I	CY	14	NON
UK	YU	6	...
...	...	2	...
NRD	CY	10	NON
NRD	TR	5	...
...	...	22	...
E	YU	18	NON
E	TR	8	NON

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1150

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 5

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
D	TR	130	OUI
CH	GR	32	NON
P	YU	10	NON
A	CY	8	NON
CH	TR	40	NON
A	TR	14	NON
NRD	CY	1	...
BNL	YU	8	...
BNL	CY	6	...
I	CY	2	...
NRD	GR	2	...
CY	GR	1	...
NRD	YU	1	...
A	CY	1	...
P	YU	1	...
UK	GR	1	...
UK	TR	1	...
...	...	1	...
UK	GR	106	OUI
D	GR	90	OUI
E	I	52	OUI
TR	I	21	NON
IRL	I	4	...
...	...	1	...
F	TR	58	NON
NRD	GR	74	OUI
F	CY	17	NON
E	CY	3	...
CY	I	2	...
E	I	2	...
F	I	1	...
...	...	1	...
I	GR	38	NON
CH	YU	32	NON
BNL	GR	48	OUI
F	YU	48	OUI
F	GR	33	OUI
BNL	CY	23	NON
A	GR	32	NON
I	TR	21	NON
A	GR	3	...
...	...	1	...
UK	CY	38	OUI
E	GR	24	NON
IRL	I	20	NON
P	GR	19	NON
NRD	TR	31	NON
A	I	17	...
...	...	41	...
F	YU	6	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1167

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 6

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
BNL	E	169	OUI
YU	P	10	NON
D	E	67	OUI
A	P	8	NON
BNL	P	52	OUI
A	E	24	NON
I	E	52	OUI
I	P	1	...
CY	E	3	...
YU	P	1	...
YU	E	1	...
...	...	1	...
F	P	130	OUI
UK	E	58	OUI
UK	P	61	OUI
D	P	35	OUI
IRL	E	23	NON
CY	E	10	NON
D	E	2	...
F	E	2	...
...	...	1	...
I	P	28	NON
BNL	P	4	...
I	E	2	...
...	...	2	...
CH	P	28	NON
...	...	3	...
GR	E	24	NON
GR	P	19	NON
YU	E	18	NON
IRL	P	6	NON
TR	E	8	NON
...	...	4	...
NRD	E	73	OUI
NRD	P	57	NON
CH	E	35	NON
UK	P	48	...
...	...	64	...
F	P	12	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1146

PLAN DE CHARGE DES STATIONS

STATION: BNL

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
IRL	34	1	1397	1431	NON
D	1	2	1194	1195	...
NRD	1	2	1195	1196	...
NRD	173	3	351	524	OUI
A	20	3	1513	1533	NON
I	97	4	529	626	OUI
YU	48	4	626	674	OUI
TR	50	4	674	724	OUI
I	2	4	866	868	...
YU	8	5	235	243	...
CY	6	5	243	249	...
GR	48	5	762	810	OUI
CY	23	5	891	914	NON
E	169	6	0	169	OUI
P	52	6	254	306	OUI
P	4	6	739	743	...
YU	16	4	1030	1046	NON
I	38	5	392	430	OUI
TR	6	5	464	470	NON
CY	8	5	772	780	NON
GR	22	5	887	909	NON
P	51	6	855	906	NON

STATION: F

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	36	2	1039	1075	OUI
IRL	53	2	1075	1128	OUI
CH	1	2	1556	1557	...
UK	12	2	1617	1629	...
D	5	2	1647	1652	...
NRD	221	3	0	221	OUI
NRD	4	3	1628	1632	...
IRL	3	3	1632	1635	...
I	144	4	243	387	OUI
CY	6	4	522	528	...
TR	58	5	534	592	NON
CY	17	5	666	683	NON
I	1	5	690	691	...
YU	48	5	810	858	OUI
GR	33	5	858	891	OUI
YU	6	5	1161	1167	...
P	130	6	389	519	OUI
E	2	6	708	710	...
P	12	6	1134	1146	...
CY	8	5	772	780	NON
GR	22	5	887	909	NON
P	51	6	855	906	NON

STATION: D

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
NRD	30	1	1552	1582	OUI
NRD	2	1	1616	1618	...
BNL	1	2	1193	1194	...
CH	2	2	1539	1541	...
UK	3	2	1658	1661	...
IRL	56	3	988	1044	NON
F	5	3	1617	1622	...
IRL	2	3	1635	1637	...
YU	62	4	442	504	OUI
CY	14	4	504	518	NON
TR	130	5	0	130	OUI
GR	90	5	366	456	OUI
E	67	6	179	246	OUI
P	35	6	638	673	OUI
E	2	6	706	708	...
YU	6	5	1161	1167	...
P	130	6	389	519	OUI
E	2	6	708	710	...
P	12	6	1134	1146	...
CY	8	5	772	780	NON
GR	22	5	887	909	NON
P	51	6	855	906	NON

STATION: IRL

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
BNL	34	1	1363	1397	NON
UK	5	1	1629	1634	...
F	3	1	1641	1644	...
D	2	1	1644	1646	...
D	56	2	947	1003	NON
NRD	55	2	1271	1326	NON
CH	4	2	1545	1549	...
A	6	2	1558	1564	NON
NRD	5	2	1612	1617	...
A	2	2	1652	1654	...
F	53	3	1056	1109	OUI
CH	20	3	1453	1473	NON
I	4	5	529	533	...
I	20	5	1033	1053	NON
E	23	6	673	696	NON
P	6	6	839	845	NON
P	130	6	389	519	OUI
E	2	6	708	710	...
P	12	6	1134	1146	...
CY	8	5	772	780	NON
GR	22	5	887	909	NON
P	51	6	855	906	NON

STATION: NRD

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
BNL	1	1	392	393	...
BNL	173	1	396	569	OUI
IRL	55	1	1275	1330	NON
IRL	5	1	1592	1597	...
D	2	1	1611	1613	...
F	221	2	0	221	OUI
CH	91	2	671	762	OUI
A	47	2	1431	1478	OUI
UK	43	2	1478	1521	OUI
F	4	2	1654	1658	...
D	30	3	1533	1563	OUI
I	89	4	767	856	OUI
YU	55	4	986	1041	OUI
CY	10	4	1087	1097	NON
TR	5	4	1097	1102	...
CY	1	5	234	235	...
GR	2	5	251	253	...
YU	1	5	254	255	...
GR	74	5	592	666	OUI
TR	31	5	1072	1103	NON
E	73	6	857	930	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: CH

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	4	1	1634	1638	...
F	1	2	1197	1198	...
IRL	4	2	1541	1545	...
NRD	91	3	591	682	OUI
UK	103	3	772	875	OUI
IRL	20	3	1433	1453	NON
D	2	3	1588	1590	...
CY	12	4	387	399	NON
GR	32	5	130	162	NON
TR	40	5	180	220	NON
YU	32	5	730	762	NON
P	28	6	747	775	NON
E	35	6	987	1022	NON
CY	10	4	1087	1097	NON
TR	5	4	1097	1102	...
CY	1	5	234	235	...
GR	2	5	251	253	...
YU	1	5	254	255	...
GR	74	5	592	666	OUI
TR	31	5	1072	1103	NON
E	73	6	857	930	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: UK

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	1	1	391	392	...
NRD	43	1	1478	1521	OUI
IRL	5	1	1618	1623	...
D	3	1	1638	1641	...
CH	103	2	762	865	OUI
A	47	2	1128	1175	OUI
F	12	3	1590	1602	...
CH	4	3	1622	1626	...
I	243	4	0	243	OUI
I	1	4	440	441	...
TR	45	4	870	915	OUI
YU	40	4	915	955	OUI
YU	6	4	1079	1085	...
GR	1	5	257	258	...
TR	1	5	258	259	...
GR	106	5	260	366	OUI
CY	38	5	971	1009	OUI
E	58	6	519	577	OUI
P	61	6	577	638	OUI
P	48	6	1022	1070	...
E	73	6	857	930	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: A

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	1	1	390	391	...
UK	47	1	1125	1172	OUI
NRD	47	1	1431	1478	OUI
F	36	2	1003	1039	OUI
IRL	6	2	1521	1527	NON
BNL	20	3	1473	1493	NON
IRL	2	3	1626	1628	...
TR	2	4	518	520	...
YU	6	4	979	985	...
CY	8	5	172	180	NON
TR	14	5	220	234	NON
CY	1	5	255	256	...
GR	32	5	914	946	NON
GR	3	5	967	970	...
I	17	5	1103	1120	...
P	8	6	246	254	NON
E	24	6	306	330	NON
E	58	6	519	577	OUI
P	61	6	577	638	OUI
P	48	6	1022	1070	...
E	73	6	857	930	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: I

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	243	1	0	243	OUI
NRD	89	1	779	868	OUI
BNL	2	1	1625	1627	---
F	144	2	390	534	OUI
BNL	97	2	574	671	OUI
UK	1	2	1196	1197	---
F	1	2	1198	1199	---
IRL	4	2	1549	1553	---
IRL	20	3	1493	1513	NON
A	17	3	1563	1580	---
YU	24	4	1041	1065	NON
CY	14	4	1065	1079	NON
CY	2	5	249	251	---
GR	38	5	692	730	NON
TR	21	5	946	967	NON
E	52	6	330	382	OUI
P	1	6	382	383	---
P	28	6	711	739	NON
E	2	6	743	745	---
P	48	6	1022	1070	---
E	73	6	857	930	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: CY

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	8	1	275	283	NON
A	1	1	389	390	---
NRD	10	1	1582	1592	NON
BNL	6	1	1597	1603	---
F	17	2	1175	1192	NON
NRD	1	2	1192	1193	---
D	14	2	1257	1271	NON
UK	38	2	1361	1399	OUI
F	6	2	1533	1539	---
CH	12	3	1044	1056	NON
BNL	23	3	1327	1350	NON
I	14	4	752	766	NON
GR	1	5	253	254	---
I	2	5	686	688	---
E	3	6	383	386	---
E	10	6	696	706	NON
P	1	6	382	383	---
P	28	6	711	739	NON
E	2	6	743	745	---
P	48	6	1022	1070	---
E	73	6	857	930	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: GR

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
CH	32	1	243	275	NON
UK	106	1	283	389	OUI
UK	1	1	393	394	...
NRD	74	1	930	1004	OUI
F	33	1	1330	1363	OUI
NRD	2	1	1623	1625	...
A	32	2	1399	1431	NON
A	3	2	1553	1556	...
D	90	3	682	772	OUI
BNL	48	3	1194	1242	OUI
I	38	4	399	437	NON
CY	1	4	438	439	...
E	24	6	778	802	NON
P	19	6	802	821	NON
E	3	6	383	386	...
E	10	6	696	706	NON
P	1	6	382	383	...
P	28	6	711	739	NON
E	2	6	743	745	...
P	48	6	1022	1070	...
E	73	6	857	930	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: TR

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	1	1	394	395	...
A	14	1	765	779	NON
NRD	31	1	1521	1552	NON
A	2	1	1613	1615	...
CH	40	2	534	574	NON
F	58	2	865	923	NON
D	130	3	221	351	OUI
BNL	50	3	1109	1159	OUI
UK	45	3	1242	1287	OUI
NRD	5	3	1602	1607	...
I	21	5	508	529	NON
E	8	6	845	853	NON
E	24	6	778	802	NON
P	19	6	802	821	NON
E	3	6	383	386	...
E	10	6	696	706	NON
P	1	6	382	383	...
P	28	6	711	739	NON
E	2	6	743	745	...
P	48	6	1022	1070	...
E	73	6	857	930	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: YU

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
D	62	1	868	930	OUI
BNL	48	1	1004	1052	OUI
CH	32	1	1172	1204	NON
F	48	1	1204	1252	OUI
A	6	1	1603	1609	...
NRD	1	1	1627	1628	...
UK	6	2	1641	1647	...
UK	40	3	1287	1327	OUI
NRD	55	3	1350	1405	OUI
BNL	8	3	1580	1588	...
F	6	3	1607	1613	...
I	24	4	955	979	NON
P	10	6	169	179	NON
P	1	6	386	387	...
E	1	6	387	388	...
E	18	6	821	839	NON
P	1	6	382	383	...
P	28	6	711	739	NON
E	2	6	743	745	...
P	48	6	1022	1070	...
E	73	6	857	930	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: P

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	8	1	569	577	NON
F	130	1	577	707	OUI
NRD	57	2	1200	1257	NON
IRL	6	2	1527	1533	NON
UK	48	2	1564	1612	...
F	12	2	1629	1641	...
BNL	52	3	875	927	OUI
UK	61	3	927	988	OUI
D	35	3	1159	1194	OUI
CH	28	3	1405	1433	NON
BNL	4	3	1613	1617	...
I	1	4	437	438	...
I	28	4	724	752	NON
YU	10	5	162	172	NON
YU	1	5	256	257	...
GR	19	5	1053	1072	NON
P	1	6	382	383	...
P	28	6	711	739	NON
E	2	6	743	745	...
P	48	6	1022	1070	...
E	73	6	857	930	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: E

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	58	1	707	765	OUI
NRD	73	1	1052	1125	OUI
IRL	23	1	1252	1275	NON
D	2	1	1609	1611	---
BNL	169	2	221	390	OUI
A	24	2	923	947	NON
CH	35	2	1326	1361	NON
F	2	2	1661	1663	---
D	67	3	524	591	OUI
YU	1	4	439	440	---
CY	10	4	856	866	NON
YU	18	4	1124	1142	NON
TR	8	4	1142	1150	NON
I	52	5	456	508	OUI
CY	3	5	683	686	---
I	2	5	688	690	---
GR	24	5	1009	1033	NON
P	28	6	711	739	NON
E	2	6	743	745	---
P	48	6	1022	1070	---
E	73	6	857	930	OUI
P	57	6	930	987	NON

MATRICE DES TRAFICS DSI POTENTIELS

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	37	388	0	0	22	204	24	112	113	109	116	395
F	0	0	0	117	473	0	0	76	311	18	95	66	105	292	0
D	0	0	0	63	62	0	0	0	0	14	200	286	128	80	150
IRL	37	117	63	0	60	23	0	7	23	0	0	0	0	6	31
NRD	388	473	62	60	0	196	93	101	189	10	161	33	119	62	161
CH	0	0	0	23	196	0	224	0	0	12	36	45	35	32	39
UK	0	0	0	0	93	224	0	100	524	79	230	97	87	137	135
A	22	76	0	7	101	0	100	0	0	8	35	16	0	10	28
I	204	311	0	23	189	0	524	0	0	14	40	23	25	31	129
CY	24	18	14	0	10	12	79	8	14	0	0	0	0	0	11
GR	112	95	200	0	161	36	230	35	40	0	0	0	0	20	26
TR	113	66	286	0	33	45	97	16	23	0	0	0	0	0	8
YU	109	105	128	0	119	35	87	0	25	0	0	0	0	11	20
P	116	292	80	6	62	32	137	10	31	0	20	0	11	0	0
E	395	0	150	31	161	39	135	28	129	11	26	8	20	0	0

ANNEE 1989

MATRICE D'UTILISATION DES DSI

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	...	...	...	NON	OUI	...	...	NON	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
F	...	...	...	OUI	OUI	...	...	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	...
D	...	...	...	OUI	OUI	...	...	...	...	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
IRL	NON	OUI	OUI	...	OUI	NON	...	NON	NON	...	...	...	...	NON	NON
NRD	OUI	OUI	OUI	OUI	...	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	NON	OUI	OUI	OUI
CH	...	...	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	NON	NON	NON	NON	NON
UK	...	...	...	OUI	OUI	...	...	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
A	NON	OUI	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	NON	NON	...	NON	NON
I	OUI	OUI	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	NON	NON	NON	NON	OUI
CY	NON	NON	NON	...	NON	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	...	NON
GR	OUI	OUI	OUI	...	OUI	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	NON	NON
TR	OUI	OUI	OUI	...	NON	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	...	NON
YU	OUI	OUI	OUI	...	OUI	NON	OUI	...	NON	...	...	...	...	NON	NON
P	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	NON	...	NON	...	NON	...	...
E	OUI	...	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	...	...

AVEC UN SEUIL DE: 60 LE NOMBRE MINIMUM DE DSI EST: 98

MATRICE DES TRAFIC DSI POTENTIELS APRES CONCENTRATION

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	37	194	0	0	22	102	24	56	57	55	58	198
F	0	0	0	59	237	0	0	38	156	18	48	33	53	146	0
D	0	0	0	32	31	0	0	0	0	14	100	143	64	40	75
IRL	37	59	32	0	30	23	0	7	23	0	0	0	0	6	31
NRD	194	237	31	30	0	98	47	51	95	10	81	33	60	31	81
CH	0	0	0	23	98	0	112	0	0	12	36	45	35	32	39
UK	0	0	0	0	47	112	0	50	262	40	115	49	44	69	68
A	22	38	0	7	51	0	50	0	0	8	35	16	0	10	28
I	102	156	0	23	95	0	262	0	0	14	40	23	25	31	65
CY	24	18	14	0	10	12	40	8	14	0	0	0	0	0	11
GR	56	48	100	0	81	36	115	35	40	0	0	0	0	20	26
TR	57	33	143	0	33	45	49	16	23	0	0	0	0	0	8
YU	55	53	64	0	60	35	44	0	25	0	0	0	0	11	20
P	58	146	40	6	31	32	69	10	31	0	20	0	11	0	0
E	198	0	75	31	81	39	68	28	65	11	26	8	20	0	0

MATRICE DES TRAFICS NON DSI

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2	6	0	0	8	4
F	0	0	0	5	3	4	1	12	0	1	6	0	0	6	12
D	0	0	0	2	2	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0
IRL	1	5	2	0	2	5	4	5	2	4	0	0	0	0	0
NRD	0	3	2	2	0	0	0	0	0	0	1	2	5	1	0
CH	1	4	2	5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
UK	0	1	2	4	0	0	0	0	1	1	0	1	1	6	48
A	0	12	3	5	0	4	0	0	0	17	1	3	2	6	0
I	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1
CY	2	1	0	4	0	0	1	17	0	0	2	1	0	0	0
GR	6	6	0	0	1	0	0	1	2	2	0	3	0	0	0
TR	0	0	0	0	2	0	1	3	0	1	3	0	0	0	0
YU	0	0	0	0	5	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1
P	8	6	0	0	1	0	6	6	0	0	0	0	0	0	1
E	4	12	0	0	0	0	48	0	1	0	0	0	1	1	0

IL FAUT AU MOINS 6 REPETEURS POUR ECOULER TOUT LE TRAFIC

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 1

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
I	UK	262	OUI
GR	CH	36	NON
CY	A	8	NON
GR	UK	115	OUI
P	A	10	NON
CY	IRL	4	...
NRD	D	2	...
IRL	D	2	...
CY	UK	1	...
TR	UK	1	...
IRL	BNL	1	...
YU	UK	1	...
GR	A	1	...
...	...	1	...
NRD	BNL	194	OUI
P	F	146	OUI
E	UK	68	OUI
CY	BNL	2	...
D	NRD	2	...
D	CH	2	...
D	IRL	2	...
UK	D	2	...
YU	A	2	...
UK	F	1	...
CY	F	1	...
...	...	1	...
UK	CH	112	OUI
IRL	F	59	OUI
E	A	28	NON
CY	CH	12	NON
IRL	A	7	NON
UK	IRL	4	...
IRL	UK	4	...

IRL	UK	4	...	
CH	D	2	...	
BNL	CH	1	...	
BNL	IRL	1	...	
...	...	1	...	
P	UK	69	OUI	
D	IRL	32	OUI	
A	UK	50	OUI	
YU	CH	35	NON	
CY	D	14	NON	
GR	F	48	OUI	
E	CH	39	NON	
YU	NRD	5	...	
IRL	CH	5	...	
E	BNL	4	...	
CH	BNL	1	...	
I	UK	1	...	
F	UK	1	...	
...	...	1	...	
YU	BNL	55	OUI	
P	CH	32	NON	
UK	NRD	47	OUI	
F	A	38	OUI	
YU	UK	44	OUI	
CY	F	18	NON	
A	BNL	22	NON	
A	IRL	7	NON	
GR	F	6	...	
P	NRD	1	...	
...	...	1	...	
P	NRD	31	OUI	
IRL	NRD	30	OUI	
CY	NRD	10	NON	
...	...	7	...	
P	UK	6	...	

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1759

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 2

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
NRD	F	237	OUI
E	BNL	198	OUI
I	F	156	OUI
TR	CH	45	NON
I	BNL	102	OUI
CH	NRD	98	OUI
TR	A	16	NON
I	NRD	95	OUI
YU	D	64	OUI
P	BNL	58	OUI
TR	BNL	57	OUI
IRL	D	32	OUI
GR	BNL	56	OUI
UK	A	50	OUI
YU	NRD	60	OUI
IRL	BNL	37	NON
A	NRD	51	OUI
CY	UK	40	OUI
NRD	UK	47	OUI
CY	BNL	24	NON
IRL	CH	23	NON
TR	NRD	33	NON
NRD	D	31	OUI
BNL	A	22	NON
IRL	A	5	...
CY	A	17	...
CH	IRL	5	...
TR	NRD	2	...
GR	NRD	1	...
...	...	1	...
P	BNL	8	...
...	...	1	...
A	IRL	5	...
A	D	3	...
D	A	3	...
TR	A	3	...
NRD	IRL	2	...
...	...	1	...
P	IRL	6	NON
A	F	12	...
F	A	12	...
GR	BNL	6	...
CH	A	4	...
NRD	F	3	...
...	...	1	...
E	F	12	...
...	...	1	...
A	CH	4	...
F	IRL	5	...
...	...	1	...
CH	F	4	...
I	IRL	2	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1762

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 3

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
F	NRD	237	OUI
TR	D	143	OUI
BNL	NRD	194	OUI
E	D	75	OUI
GR	D	100	OUI
NRD	CH	98	OUI
CH	UK	112	OUI
F	IRL	59	OUI
GR	NRD	81	OUI
YU	F	53	OUI
E	NRD	81	OUI
TR	F	33	OUI
TR	UK	49	OUI
P	D	40	OUI
BNL	IRL	37	NON
NRD	A	51	OUI
E	IRL	31	NON
A	F	38	OUI
CH	IRL	23	NON
GR	A	35	NON
I	IRL	23	NON
D	NRD	31	OUI
NRD	IRL	30	OUI
E	UK	48	...
P	F	6	...
...	...	1	...
P	A	6	...
IRL	F	5	...
F	CH	4	...
IRL	NRD	2	...
D	UK	2	...
F	NRD	3	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1731

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 4

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
UK	I	262	OUI
F	I	156	OUI
CH	CY	12	NON
CH	YU	35	NON
E	CY	11	NON
E	I	1	...
UK	CY	1	...
UK	TR	1	...
TR	CY	1	...
...	...	1	...
D	YU	64	OUI
UK	I	1	...
E	YU	1	...
...	...	1	...
P	I	31	NON
...	...	1	...
BNL	I	102	OUI
BNL	TR	57	OUI
BNL	GR	56	OUI
F	GR	48	OUI
GR	I	2	...
...	...	4	...
I	GR	2	...
...	...	2	...
NRD	I	95	OUI
GR	I	40	NON
I	GR	40	NON
...	...	1	...
NRD	YU	60	OUI
I	YU	25	NON
UK	YU	44	OUI
...	...	6	...
IRL	I	23	NON
NRD	CY	10	NON
...	...	42	...
E	YU	20	NON

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1259

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 5

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
D	TR	143	OUI
CH	GR	36	NON
P	YU	11	NON
A	CY	8	NON
CH	TR	45	NON
A	TR	16	NON
BNL	CY	2	...
NRD	GR	1	...
CY	TR	1	...
A	GR	1	...
UK	YU	1	...
...	...	1	...
UK	GR	115	OUI
D	GR	100	OUI
E	I	65	OUI
D	CY	14	NON
E	TR	8	NON
F	GR	6	...
GR	CY	2	...
CY	GR	2	...
A	YU	2	...
F	CY	1	...
...	...	1	...
F	YU	53	OUI
IRL	CY	4	...
GR	TR	3	...
...	...	1	...
NRD	YU	5	...
TR	GR	3	...
NRD	TR	2	...
...	...	1	...
NRD	GR	81	OUI
CY	I	14	NON
A	TR	3	...
IRL	I	2	...
...	...	4	...
F	TR	33	OUI
UK	TR	49	OUI
I	CY	14	NON
BNL	YU	55	OUI
E	GR	26	NON
BNL	CY	24	NON
F	CY	18	NON
BNL	GR	6	...
...	...	1	...
UK	CY	40	OUI
...	...	12	...
YU	I	25	NON
A	GR	35	NON
...	...	12	...
NRD	TR	33	NON
...	...	10	...
TR	I	23	NON
I	TR	23	NON
P	GR	20	NON
...	...	28	...
A	CY	17	...

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 6

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
BNL	E	198	OUI
YU	P	11	NON
D	E	75	OUI
A	P	10	NON
BNL	P	58	OUI
A	E	28	NON
I	P	31	NON
IRL	P	6	NON
I	E	1	...
NRD	P	1	...
YU	E	1	...
P	E	1	...
...	...	1	...
F	P	146	OUI
UK	E	68	OUI
UK	P	69	OUI
CH	P	32	NON
E	P	1	...
...	...	4	...
I	E	65	OUI
D	P	40	OUI
IRL	E	31	NON
GR	E	26	NON
GR	P	20	NON
YU	E	20	NON
...	...	2	...
NRD	E	81	OUI
CH	E	39	NON
CY	E	11	NON
BNL	P	8	...
UK	P	6	...
F	E	12	...
A	P	6	...
F	P	6	...
BNL	E	4	...
...	...	1	...
NRD	P	31	OUI
...	...	10	...
TR	E	8	NON
UK	E	48	...

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1217

PLAN DE CHARGE DES STATIONS

STATION: BNL

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
CH	1	1	1096	1097	...
IRL	1	1	1097	1098	...
A	22	2	1610	1632	NON
NRD	194	3	380	574	OUI
IRL	37	3	1355	1392	NON
I	102	4	580	682	OUI
TR	57	4	682	739	OUI
GR	56	4	739	795	OUI
CY	2	5	259	261	...
YU	55	5	854	909	OUI
CY	24	5	935	959	NON
GR	6	5	977	983	...
E	198	6	0	198	OUI
P	58	6	294	352	OUI
P	8	6	1077	1085	...
E	4	6	1115	1119	...
GR	24	5	1009	1033	NON
P	28	6	711	739	NON
E	2	6	743	745	...
P	48	6	1022	1070	...
E	73	6	857	930	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: F

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	1	1	1402	1403	...
A	38	1	1538	1576	OUI
A	12	2	1707	1719	...
IRL	5	2	1750	1755	...
NRD	237	3	0	237	OUI
IRL	59	3	959	1018	OUI
CH	4	3	1720	1724	...
NRD	3	3	1728	1731	...
I	156	4	262	418	OUI
GR	48	4	795	843	OUI
GR	6	5	568	574	...
CY	1	5	580	581	...
YU	53	5	582	635	OUI
TR	33	5	758	791	OUI
CY	18	5	959	977	NON
P	146	6	422	568	OUI
E	12	6	1091	1103	...
P	6	6	1109	1115	...
E	2	6	743	745	...
P	48	6	1022	1070	...
E	73	6	857	930	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: D

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
NRD	2	1	855	857	...
CH	2	1	857	859	...
IRL	2	1	859	861	...
IRL	32	1	1168	1200	OUI
A	3	2	1680	1683	...
NRD	31	3	1593	1624	OUI
UK	2	3	1726	1728	...
YU	64	4	481	545	OUI
TR	143	5	0	143	OUI
GR	100	5	381	481	OUI
CY	14	5	546	560	NON
E	75	6	209	284	OUI
P	40	6	807	847	OUI
TR	33	5	758	791	OUI
CY	18	5	959	977	NON
P	146	6	422	568	OUI
E	12	6	1091	1103	...
P	6	6	1109	1115	...
E	2	6	743	745	...
P	48	6	1022	1070	...
E	73	6	857	930	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: IRL

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
D	2	1	437	439	...
BNL	1	1	441	442	...
F	59	1	980	1039	OUI
A	7	1	1079	1086	NON
UK	4	1	1090	1094	...
CH	5	1	1391	1396	...
NRD	30	1	1706	1736	OUI
D	32	2	1126	1158	OUI
BNL	37	2	1324	1361	NON
CH	23	2	1523	1546	NON
A	5	2	1632	1637	...
F	5	3	1715	1720	...
NRD	2	3	1724	1726	...
I	23	4	1164	1187	NON
CY	4	5	635	639	...
I	2	5	752	754	...
P	6	6	411	417	NON
E	31	6	847	878	NON
E	2	6	743	745	...
P	48	6	1022	1070	...
E	73	6	857	930	OUI
P	57	6	930	987	NOI

STATION: NRD

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
D	2	1	435	437	...
BNL	194	1	445	639	OUI
F	237	2	0	237	OUI
UK	47	2	1452	1499	OUI
D	31	2	1579	1610	OUI
IRL	2	2	1686	1688	...
F	3	2	1729	1732	...
CH	98	3	749	847	OUI
A	51	3	1392	1443	OUI
IRL	30	3	1624	1654	OUI
I	95	4	853	948	OUI
YU	60	4	1029	1089	OUI
CY	10	4	1187	1197	NON
GR	1	5	261	262	...
YU	5	5	643	648	...
TR	2	5	651	653	...
GR	81	5	654	735	OUI
TR	33	5	1108	1141	NON
P	1	6	418	419	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: CH

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
D	2	1	1094	1096	...
BNL	1	1	1400	1401	...
NRD	98	2	738	836	OUI
IRL	5	2	1654	1659	...
A	4	2	1725	1729	...
F	4	2	1756	1760	...
UK	112	3	847	959	OUI
IRL	23	3	1512	1535	NON
CY	12	4	418	430	NON
YU	35	4	430	465	NON
GR	36	5	143	179	NON
TR	45	5	198	243	NON
P	32	6	705	737	NON
E	39	6	1027	1066	NON
YU	5	5	643	648	...
TR	2	5	651	653	...
GR	81	5	654	735	OUI
TR	33	5	1108	1141	NON
P	1	6	418	419	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: UK

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
D	2	1	861	863	...
F	1	1	865	866	...
CH	112	1	868	980	OUI
IRL	4	1	1086	1090	...
NRD	47	1	1491	1538	OUI
A	50	2	1214	1264	OUI
I	262	4	0	262	OUI
CY	1	4	477	478	...
TR	1	4	478	479	...
I	1	4	545	546	...
YU	44	4	1114	1158	OUI
YU	1	5	264	265	...
GR	115	5	266	381	OUI
TR	49	5	791	840	OUI
CY	40	5	984	1024	OUI
E	68	6	568	636	OUI
P	69	6	636	705	OUI
P	6	6	1085	1091	...
E	48	6	1169	1217	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: A

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	50	1	1200	1250	OUI
BNL	22	1	1638	1660	NON
IRL	7	1	1660	1667	NON
NRD	51	2	1361	1412	OUI
IRL	5	2	1672	1677	...
D	3	2	1677	1680	...
F	12	2	1695	1707	...
CH	4	2	1746	1750	...
F	38	3	1474	1512	OUI
CY	8	5	190	198	NON
TR	16	5	243	259	NON
GR	1	5	263	264	...
YU	2	5	578	580	...
TR	3	5	749	752	...
GR	35	5	1061	1096	NON
CY	17	5	1245	1262	...
P	10	6	284	294	NON
E	28	6	352	380	NON
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: I

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	262	1	0	262	OUI
UK	1	1	1401	1402	...
F	156	2	435	591	OUI
BNL	102	2	636	738	OUI
NRD	95	2	852	947	OUI
IRL	2	2	1760	1762	...
IRL	23	3	1570	1593	NON
GR	2	4	849	851	...
GR	40	4	988	1028	NON
YU	25	4	1089	1114	NON
CY	14	5	840	854	NON
TR	23	5	1174	1197	NON
P	31	6	380	411	NON
E	1	6	417	418	...
E	65	6	742	807	OUI
CY	17	5	1245	1262	...
P	10	6	284	294	NON
E	28	6	352	380	NON
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: CY

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	8	1	298	306	NON
IRL	4	1	431	435	...
UK	1	1	439	440	...
BNL	2	1	853	855	...
F	1	1	866	867	...
CH	12	1	1067	1079	NON
D	14	1	1285	1299	NON
F	18	1	1620	1638	NON
NRD	10	1	1736	1746	NON
UK	40	2	1412	1452	OUI
BNL	24	2	1499	1523	NON
A	17	2	1637	1654	...
TR	1	5	262	263	...
GR	2	5	576	578	...
I	14	5	735	749	NON
E	11	6	1066	1077	NON
P	10	6	284	294	NON
E	28	6	352	380	NON
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: GR

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
CH	36	1	262	298	NON
UK	115	1	306	421	OUI
A	1	1	443	444	...
F	48	1	1299	1347	OUI
F	6	1	1667	1673	...
BNL	56	2	1158	1214	OUI
NRD	1	2	1661	1662	...
BNL	6	2	1719	1725	...
D	100	3	649	749	OUI
NRD	81	3	1018	1099	OUI
A	35	3	1535	1570	NON
I	2	4	843	845	...
I	40	4	948	988	NON
CY	2	5	574	576	...
TR	3	5	639	642	...
E	26	6	878	904	NON
P	20	6	904	924	NON
E	28	6	352	380	NON
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: TR

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	1	1	440	441	...
CH	45	2	591	636	NON
A	16	2	836	852	NON
BNL	57	2	1069	1126	OUI
NRD	33	2	1546	1579	NON
NRD	2	2	1659	1661	...
A	3	2	1683	1686	...
D	143	3	237	380	OUI
F	33	3	1233	1266	OUI
UK	49	3	1266	1315	OUI
CY	1	4	479	480	...
GR	3	5	648	651	...
I	23	5	1151	1174	NON
E	8	6	1161	1169	NON
TR	3	5	639	642	...
E	26	6	878	904	NON
P	20	6	904	924	NON
E	28	6	352	380	NON
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: YU

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	1	1	442	443	...
A	2	1	863	865	...
CH	35	1	1250	1285	NON
NRD	5	1	1386	1391	...
BNL	55	1	1404	1459	OUI
UK	44	1	1576	1620	OUI
D	64	2	947	1011	OUI
NRD	60	2	1264	1324	OUI
F	53	3	1099	1152	OUI
I	25	5	1036	1061	NON
P	11	6	198	209	NON
E	1	6	419	420	...
E	20	6	924	944	NON
E	8	6	1161	1169	NON
TR	3	5	639	642	...
E	26	6	878	904	NON
P	20	6	904	924	NON
E	28	6	352	380	NON
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: P

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	10	1	421	431	NON
F	146	1	639	785	OUI
UK	69	1	1099	1168	OUI
CH	32	1	1459	1491	NON
NRD	1	1	1673	1674	...
NRD	31	1	1675	1706	OUI
UK	6	1	1753	1759	...
BNL	58	2	1011	1069	OUI
BNL	8	2	1663	1671	...
IRL	6	2	1689	1695	NON
D	40	3	1315	1355	OUI
F	6	3	1702	1708	...
A	6	3	1709	1715	...
I	31	4	548	579	NON
YU	11	5	179	190	NON
GR	20	5	1197	1217	NON
E	1	6	420	421	...
E	28	6	352	380	NON
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: E

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	68	1	785	853	OUI
A	28	1	1039	1067	NON
CH	39	1	1347	1386	NON
BNL	4	1	1396	1400	...
BNL	198	2	237	435	OUI
F	12	2	1733	1745	...
D	75	3	574	649	OUI
NRD	81	3	1152	1233	OUI
IRL	31	3	1443	1474	NON
UK	48	3	1654	1702	...
CY	11	4	465	476	NON
I	1	4	476	477	...
YU	1	4	546	547	...
YU	20	4	1239	1259	NON
I	65	5	481	546	OUI
TR	8	5	560	568	NON
GR	26	5	909	935	NON
P	1	6	737	738	...
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

MATRICE DES TRAFICS DSI POTENTIELS

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	43	421	0	0	23	214	24	120	125	122	128	461
F	0	0	0	127	506	0	0	80	335	20	130	74	116	328	0
D	0	0	0	71	66	0	0	0	0	14	220	314	132	90	170
IRL	43	127	71	0	66	26	0	9	26	0	0	0	0	6	38
NRD	421	506	66	66	0	215	99	111	201	10	171	35	128	64	178
CH	0	0	0	26	215	0	244	0	0	12	40	51	40	32	44
UK	0	0	0	0	99	244	0	108	568	86	248	105	95	157	155
A	23	80	0	9	111	0	108	0	0	8	38	18	0	10	30
I	214	335	0	26	201	0	568	0	0	17	41	25	25	34	158
CY	24	20	14	0	10	12	86	8	17	0	0	0	0	0	12
GR	120	130	220	0	171	40	248	38	41	0	0	0	0	20	28
TR	125	74	314	0	35	51	105	18	25	0	0	0	0	0	8
YU	122	116	132	0	128	40	95	0	25	0	0	0	0	13	24
P	128	328	90	6	64	32	157	10	34	0	20	0	13	0	0
E	461	0	170	38	178	44	155	30	158	12	28	8	24	0	0

ANNEE 1990

MATRICE D'UTILISATION DES DSI

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	...	...	...	NON	OUI	...	...	NON	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
F	...	...	...	OUI	OUI	...	...	OUI	OUI	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	...
D	...	...	...	OUI	OUI	...	...	...	...	NON	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
IRL	NON	OUI	OUI	...	OUI	NON	...	NON	NON	...	...	...	...	NON	NON
NRD	OUI	OUI	OUI	OUI	...	OUI	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	NON	OUI	OUI	OUI
CH	...	...	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	NON	NON	NON	NON	NON
UK	...	...	...	...	OUI	OUI	...	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
A	NON	OUI	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	NON	NON	...	NON	NON
I	OUI	OUI	...	NON	OUI	...	OUI	...	...	NON	NON	NON	NON	NON	OUI
CY	NON	NON	NON	...	NON	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	...	NON
GR	OUI	OUI	OUI	...	OUI	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	NON	NON
TR	OUI	OUI	OUI	...	NON	NON	OUI	NON	NON	...	...	...	...	...	NON
YU	OUI	OUI	OUI	...	OUI	NON	OUI	...	NON	...	...	...	...	NON	NON
P	OUI	OUI	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	NON	...	NON	...	NON	...	...
E	OUI	...	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	OUI	NON	NON	NON	NON	...	...

AVEC UN SEUIL DE: 60 LE NOMBRE MINIMUM DE DSI EST: 104

MATRICE DES TRAFIC DSI POTENTIELS APRES CONCENTRATION

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	43	211	0	0	23	107	24	60	63	61	64	231
F	0	0	0	64	253	0	0	40	168	20	65	37	58	164	0
D	0	0	0	36	33	0	0	0	0	14	110	157	66	45	85
IRL	43	64	36	0	33	26	0	9	26	0	0	0	0	6	38
NRD	211	253	33	33	0	108	50	56	101	10	86	35	64	32	89
CH	0	0	0	26	108	0	122	0	0	12	40	51	40	32	44
UK	0	0	0	0	50	122	0	54	284	43	124	53	48	79	78
A	23	40	0	9	56	0	54	0	0	8	38	18	0	10	30
I	107	168	0	26	101	0	284	0	0	17	41	25	25	34	79
CY	24	20	14	0	10	12	43	8	17	0	0	0	0	0	12
GR	60	65	110	0	86	40	124	38	41	0	0	0	0	20	28
TR	63	37	157	0	35	51	53	18	25	0	0	0	0	0	8
YU	61	58	66	0	64	40	48	0	25	0	0	0	0	13	24
P	64	164	45	6	32	32	79	10	34	0	20	0	13	0	0
E	231	0	85	38	89	44	78	30	79	12	28	8	24	0	0

MATRICE DES TRAFICS NON DSI

	BNL	F	D	IRL	NRD	CH	UK	A	I	CY	GR	TR	YU	P	E
BNL	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	3	6	0	0	8
F	0	0	6	0	5	3	4	1	13	0	1	6	0	0	6
D	0	6	0	12	2	2	2	2	3	0	0	0	0	0	0
IRL	0	0	12	0	0	2	5	6	6	3	5	0	0	0	1
NRD	1	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	6	1
CH	0	3	2	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
UK	1	4	2	5	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	6
A	0	1	2	6	0	0	0	0	55	0	18	1	3	2	7
I	0	13	3	6	0	4	0	55	0	0	0	2	0	0	0
CY	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	1	2	1	0	0
GR	3	1	0	5	0	0	1	18	0	1	0	0	4	0	0
TR	6	6	0	0	1	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0
YU	0	0	0	0	2	0	1	3	0	1	1	4	0	0	0
P	0	0	0	0	6	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1
E	8	6	0	1	1	0	6	7	0	0	0	0	0	1	0

IL FAUT AU MOINS 7 REPETEURS POUR ECOULER TOUT LE TRAFIC

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 1

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
I	UK	284	OUI
BNL	NRD	211	OUI
P	A	10	NON
P	F	164	OUI
...	...	5	...
CY	A	8	NON
...	...	12	...
UK	CH	122	OUI
P	BNL	64	OUI
P	UK	79	OUI
CH	IRL	26	NON
IRL	CH	26	NON
I	IRL	26	NON
CY	BNL	24	NON
...	...	2	...
YU	BNL	61	OUI
YU	NRD	64	OUI
F	A	40	OUI
YU	F	58	OUI
P	CH	32	NON
...	...	18	...
NRD	UK	50	OUI
D	NRD	33	OUI
NRD	IRL	33	OUI
P	NRD	32	OUI

TOTALE DU REPETEUR

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 2

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
NRD	F	253	OUI
GR	CH	40	NON
I	F	168	OUI
E	D	85	OUI
GR	D	110	OUI
TR	A	18	NON
P	IRL	6	NON
...	...	2	...
CY	D	14	NON
CY	F	20	NON
...	...	3	...
CH	UK	122	OUI
CY	CH	12	NON
CY	NRD	10	NON
...	...	3	...
E	NRD	89	OUI
GR	NRD	86	OUI
E	CH	44	NON
...	...	13	...
GR	BNL	60	OUI
...	...	4	...
A	NRD	56	OUI
UK	NRD	50	OUI
...	...	18	...
YU	UK	48	OUI
IRL	NRD	33	OUI

TALE

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 3

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
F	NRD	253	OUI
A	IRL	9	NON
IRL	A	9	NON
NRD	BNL	211	OUI
TR	CH	51	NON
NRD	CH	108	OUI
E	UK	78	OUI
...	...	8	...
I	NRD	101	OUI
E	IRL	38	NON
F	IRL	64	OUI
YU	CH	40	NON
A	UK	54	OUI
P	D	45	OUI
CY	UK	43	OUI
IRL	D	36	OUI
TR	UK	53	OUI
...	...	1	...
NRD	A	56	OUI
GR	A	38	NON
E	A	30	NON
BNL	A	23	NON

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1349

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 4

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
E	BNL	231	OUI
TR	D	157	OUI
GR	UK	124	OUI
CH	NRD	108	OUI
I	BNL	107	OUI
YU	D	66	OUI
GR	F	65	OUI
IRL	F	64	OUI
TR	BNL	63	OUI
UK	A	54	OUI
TR	F	37	OUI
A	F	40	OUI
D	IRL	36	OUI
...	...	6	...
IRL	BNL	43	NON
BNL	IRL	43	NON
A	BNL	23	NON
...	...	1	...
TR	NRD	35	NON
NRD	D	33	OUI

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1336

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 5

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
UK	I	284	OUI
F	I	168	OUI
A	CY	8	NON
P	I	34	NON
...	...	1	...
BNL	I	107	OUI
CY	I	17	NON
...	...	1	...
CH	CY	12	NON
E	TR	8	NON
...	...	1	...
NRD	I	101	OUI
E	CY	12	NON
...	...	4	...
BNL	TR	63	OUI
...	...	7	...
I	GR	41	NON
NRD	GR	86	OUI
E	I	79	OUI
...	...	5	...
UK	CY	43	OUI
UK	TR	53	OUI
UK	YU	48	OUI
...	...	18	...
IRL	I	26	NON
...	...	31	...
NRD	TR	35	NON
...	...	41	...
YU	I	25	NON

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1359

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 6

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
D	TR	157	OUI
CH	GR	40	NON
P	YU	13	NON
CH	TR	51	NON
...	...	1	...
A	TR	18	NON
...	...	4	...
UK	GR	124	OUI
D	GR	110	OUI
D	YU	66	OUI
D	CY	14	NON
I	CY	17	NON
...	...	1	...
F	GR	65	OUI
F	TR	37	OUI
F	CY	20	NON
...	...	4	...
GR	I	41	NON
F	YU	58	OUI
BNL	CY	24	NON
TR	I	25	NON
...	...	9	...
CH	YU	40	NON
BNL	YU	61	OUI
NRD	CY	10	NON
...	...	3	...
NRD	YU	64	OUI
BNL	GR	60	OUI
...	...	6	...
E	GR	28	NON
...	...	3	...
A	GR	38	NON
E	YU	24	NON
P	GR	20	NON
I	TR	25	NON
I	YU	25	NON

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1306

PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO: 7

PROVENANCE	DESTINATION	TRAFIC	DSI
BNL	E	231	OUI
YU	P	13	NON
D	E	85	OUI
A	P	10	NON
IRL	E	38	NON
CH	E	44	NON
YU	E	24	NON
IRL	P	6	NON
...	...	1	...
F	P	164	OUI
UK	E	78	OUI
BNL	P	64	OUI
NRD	E	89	OUI
UK	P	79	OUI
I	E	79	OUI
D	P	45	OUI
I	P	34	NON
CH	P	32	NON
A	E	30	NON
CY	E	12	NON
...	...	12	...
GR	E	28	NON
GR	P	20	NON
TR	E	8	NON
...	...	172	...
NRD	P	32	OUI

CHARGE TOTALE DU REPETEUR= 1430

PLAN DE CHARGE DES STATIONS

STATION: BNL

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
NRD	211	1	284	495	OUI
A	23	3	1326	1349	NON
IRL	43	4	1201	1244	NON
I	107	5	495	602	OUI
TR	63	5	758	821	OUI
CY	24	6	841	865	NON
YU	61	6	939	1000	OUI
GR	60	6	1077	1137	OUI
E	231	7	0	231	OUI
P	64	7	694	758	OUI
CY	11	4	465	476	NON
I	1	4	476	477	...
YU	1	4	546	547	...
YU	20	4	1239	1259	NON
I	65	5	481	546	OUI
TR	8	5	560	568	NON
GR	26	5	909	935	NON
P	1	6	737	738	...
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: F

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	40	1	1188	1228	OUI
NRD	253	3	0	253	OUI
IRL	64	3	866	930	OUI
I	168	5	284	452	OUI
GR	65	6	616	681	OUI
TR	37	6	681	718	OUI
CY	20	6	718	738	NON
YU	58	6	783	841	OUI
P	164	7	452	616	OUI
P	64	7	694	758	OUI
CY	11	4	465	476	NON
I	1	4	476	477	...
YU	1	4	546	547	...
YU	20	4	1239	1259	NON
I	65	5	481	546	OUI
TR	8	5	560	568	NON
GR	26	5	909	935	NON
P	1	6	737	738	...
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: D

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
NRD	33	1	1386	1419	OUI
IRL	36	4	1116	1152	OUI
TR	157	6	0	157	OUI
GR	110	6	408	518	OUI
YU	66	6	518	584	OUI
CY	14	6	584	598	NON
E	85	7	244	329	OUI
P	45	7	1005	1050	OUI
P	164	7	452	616	OUI
P	64	7	694	758	OUI
CY	11	4	465	476	NON
I	1	4	476	477	...
YU	1	4	546	547	...
YU	20	4	1239	1259	NON
I	65	5	481	546	OUI
TR	8	5	560	568	NON
GR	26	5	909	935	NON
P	1	6	737	738	...
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: IRL

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
CH	26	1	985	1011	NON
NRD	33	2	1334	1367	OUI
A	9	3	262	271	NON
D	36	3	1112	1148	OUI
F	64	4	858	922	OUI
BNL	43	4	1158	1201	NON
I	26	5	1201	1227	NON
E	38	7	339	377	NON
P	6	7	445	451	NON
P	64	7	694	758	OUI
CY	11	4	465	476	NON
I	1	4	476	477	...
YU	1	4	546	547	...
YU	20	4	1239	1259	NON
I	65	5	481	546	OUI
TR	8	5	560	568	NON
GR	26	5	909	935	NON
P	1	6	737	738	...
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: NRD

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	50	1	1336	1386	OUI
IRL	33	1	1419	1452	OUI
F	253	2	0	253	OUI
BNL	211	3	271	482	OUI
CH	108	3	533	641	OUI
A	56	3	1202	1258	OUI
D	33	4	1303	1336	OUI
I	101	5	641	742	OUI
GR	86	5	869	955	OUI
TR	35	5	1258	1293	NON
CY	10	6	1000	1010	NON
YU	64	6	1013	1077	OUI
E	89	7	758	847	OUI
P	32	7	1398	1430	OUI
I	65	5	481	546	OUI
TR	8	5	560	568	NON
GR	26	5	909	935	NON
P	1	6	737	738	...
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: CH

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
IRL	26	1	959	985	NON
UK	122	2	719	841	OUI
NRD	108	4	512	620	OUI
CY	12	5	620	632	NON
GR	40	6	157	197	NON
TR	51	6	210	261	NON
YU	40	6	899	939	NON
E	44	7	377	421	NON
P	32	7	1084	1116	NON
TR	35	5	1258	1293	NON
CY	10	6	1000	1010	NON
YU	64	6	1013	1077	OUI
E	89	7	758	847	OUI
P	32	7	1398	1430	OUI
I	65	5	481	546	OUI
TR	8	5	560	568	NON
GR	26	5	909	935	NON
P	1	6	737	738	...
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: UK

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
CH	122	1	694	816	OUI
NRD	50	2	1218	1268	OUI
A	54	4	985	1039	OUI
I	284	5	0	284	OUI
CY	43	5	1039	1082	OUI
TR	53	5	1082	1135	OUI
YU	48	5	1135	1183	OUI
GR	124	6	284	408	OUI
E	78	7	616	694	OUI
P	79	7	847	926	OUI
CY	10	6	1000	1010	NON
YU	64	6	1013	1077	OUI
E	89	7	758	847	OUI
P	32	7	1398	1430	OUI
I	65	5	481	546	OUI
TR	8	5	560	568	NON
GR	26	5	909	935	NON
P	1	6	737	738	...
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: A

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
NRD	56	2	1162	1218	OUI
IRL	9	3	253	262	NON
UK	54	3	970	1024	OUI
F	40	4	1076	1116	OUI
BNL	23	4	1244	1267	NON
CY	8	5	452	460	NON
TR	18	6	262	280	NON
GR	38	6	1174	1212	NON
P	10	7	329	339	NON
E	30	7	1116	1146	NON
CY	10	6	1000	1010	NON
YU	64	6	1013	1077	OUI
E	89	7	758	847	OUI
P	32	7	1398	1430	OUI
I	65	5	481	546	OUI
TR	8	5	560	568	NON
GR	26	5	909	935	NON
P	1	6	737	738	...
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: I

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
UK	284	1	0	284	OUI
IRL	26	1	1011	1037	NON
F	168	2	293	461	OUI
NRD	101	3	727	828	OUI
BNL	107	4	620	727	OUI
GR	41	5	828	869	NON
CY	17	6	598	615	NON
TR	25	6	1256	1281	NON
YU	25	6	1281	1306	NON
E	79	7	926	1005	OUI
P	34	7	1050	1084	NON
YU	64	6	1013	1077	OUI
E	89	7	758	847	OUI
P	32	7	1398	1430	OUI
I	65	5	481	546	OUI
TR	8	5	560	568	NON
GR	26	5	909	935	NON
P	1	6	737	738	...
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: CY

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	8	1	674	682	NON
BNL	24	1	1037	1061	NON
D	14	2	682	696	NON
F	20	2	696	716	NON
CH	12	2	841	853	NON
NRD	10	2	853	863	NON
UK	43	3	1069	1112	OUI
I	17	5	602	619	NON
E	12	7	1146	1158	NON
E	79	7	926	1005	OUI
P	34	7	1050	1084	NON
YU	64	6	1013	1077	OUI
E	89	7	758	847	OUI
P	32	7	1398	1430	OUI
I	65	5	481	546	OUI
TR	8	5	560	568	NON
GR	26	5	909	935	NON
P	1	6	737	738	...
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: GR

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
CH	40	2	253	293	NON
D	110	2	546	656	OUI
NRD	86	2	955	1041	OUI
BNL	60	2	1098	1158	OUI
A	38	3	1258	1296	NON
UK	124	4	388	512	OUI
F	65	4	793	858	OUI
I	41	6	742	783	NON
E	28	7	1170	1198	NON
P	20	7	1198	1218	NON
P	34	7	1050	1084	NON
YU	64	6	1013	1077	OUI
E	89	7	758	847	OUI
P	32	7	1398	1430	OUI
I	65	5	481	546	OUI
TR	8	5	560	568	NON
GR	26	5	909	935	NON
P	1	6	737	738	...
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: TR

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	18	2	656	674	NON
CH	51	3	482	533	NON
UK	53	3	1148	1201	OUI
D	157	4	231	388	OUI
BNL	63	4	922	985	OUI
F	37	4	1039	1076	OUI
NRD	35	4	1268	1303	NON
I	25	6	865	890	NON
E	8	7	1218	1226	NON
P	20	7	1198	1218	NON
P	34	7	1050	1084	NON
YU	64	6	1013	1077	OUI
E	89	7	758	847	OUI
P	32	7	1398	1430	OUI
I	65	5	481	546	OUI
TR	8	5	560	568	NON
GR	26	5	909	935	NON
P	1	6	737	738	...
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: YU

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
BNL	61	1	1063	1124	OUI
NRD	64	1	1124	1188	OUI
F	58	1	1228	1286	OUI
UK	48	2	1286	1334	OUI
CH	40	3	930	970	NON
D	66	4	727	793	OUI
I	25	5	1334	1359	NON
P	13	7	231	244	NON
E	24	7	421	445	NON
P	20	7	1198	1218	NON
P	34	7	1050	1084	NON
YU	64	6	1013	1077	OUI
E	89	7	758	847	OUI
P	32	7	1398	1430	OUI
I	65	5	481	546	OUI
TR	8	5	560	568	NON
GR	26	5	909	935	NON
P	1	6	737	738	...
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: P

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
A	10	1	495	505	NON
F	164	1	505	669	OUI
BNL	64	1	816	880	OUI
UK	79	1	880	959	OUI
CH	32	1	1286	1318	NON
NRD	32	1	1452	1484	OUI
IRL	6	2	674	680	NON
D	45	3	1024	1069	OUI
I	34	5	460	494	NON
YU	13	6	197	210	NON
GR	20	6	1236	1256	NON
YU	64	6	1013	1077	OUI
E	89	7	758	847	OUI
P	32	7	1398	1430	OUI
I	65	5	481	546	OUI
TR	8	5	560	568	NON
GR	26	5	909	935	NON
P	1	6	737	738	...
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

STATION: E

DESTINATION	TRAFIC	NO REPT	DEBUT	FIN	DSI
D	85	2	461	546	OUI
NRD	89	2	866	955	OUI
CH	44	2	1041	1085	NON
UK	78	3	641	719	OUI
IRL	38	3	828	866	NON
A	30	3	1296	1326	NON
BNL	231	4	0	231	OUI
TR	8	5	632	640	NON
CY	12	5	742	754	NON
I	79	5	955	1034	OUI
GR	28	6	1143	1171	NON
YU	24	6	1212	1236	NON
E	89	7	758	847	OUI
P	32	7	1398	1430	OUI
I	65	5	481	546	OUI
TR	8	5	560	568	NON
GR	26	5	909	935	NON
P	1	6	737	738	...
P	6	6	1103	1109	...
E	81	6	946	1027	OUI
P	31	6	1120	1151	OUI
P	57	6	930	987	NON

IV.3. METHODE D'EXPLOITATION DU PROGRAMME "SAT-ECS"

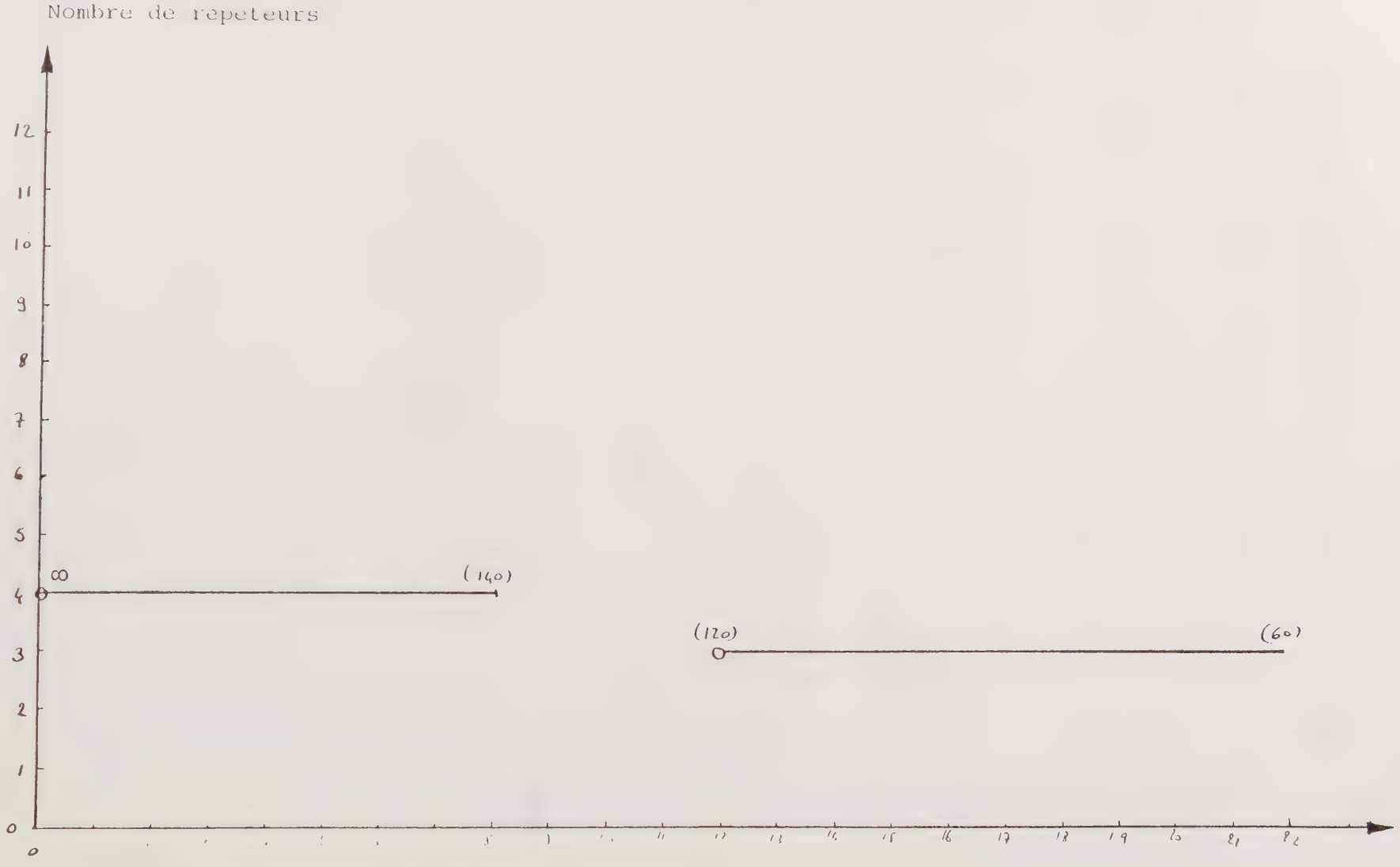
Le programme de traitement "SAT-ECS" a été lancé sur les matrices de trafics de 1983 à 1990 successivement avec des seuils différents. La valeur de ce seuil est un paramètre qui agit directement sur le nombre des équipements CNC nécessaires pour transmettre tous les éléments d'une matrice de trafic.

L'augmentation du nombre d'équipements CNC pour une transmission donnée entraîne une réduction du volume de trafic global ce qui permet parfois de diminuer le nombre de répéteurs nécessaires.

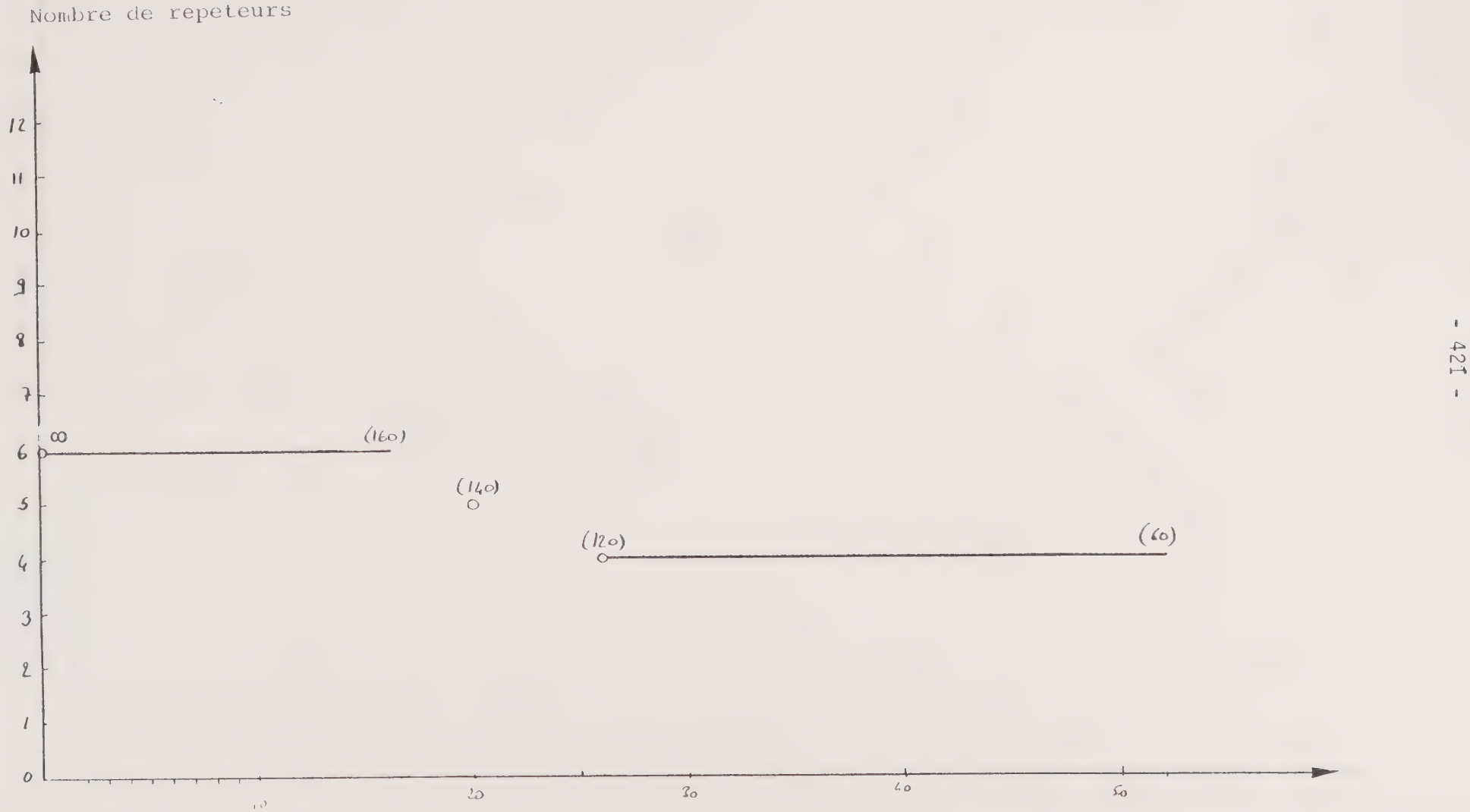
Les critères "nombre minimum de répéteurs" et "nombre minimum d'équipements CNC" vont à l'encontre l'un de l'autre. Nous avons dressé année par année la fonction qui lie ces deux critères ce qui permet de repérer facilement les meilleurs compromis (noté par le signe "o" sur les figures).

Exemple : Pour l'année 1983 deux compromis sont possibles :

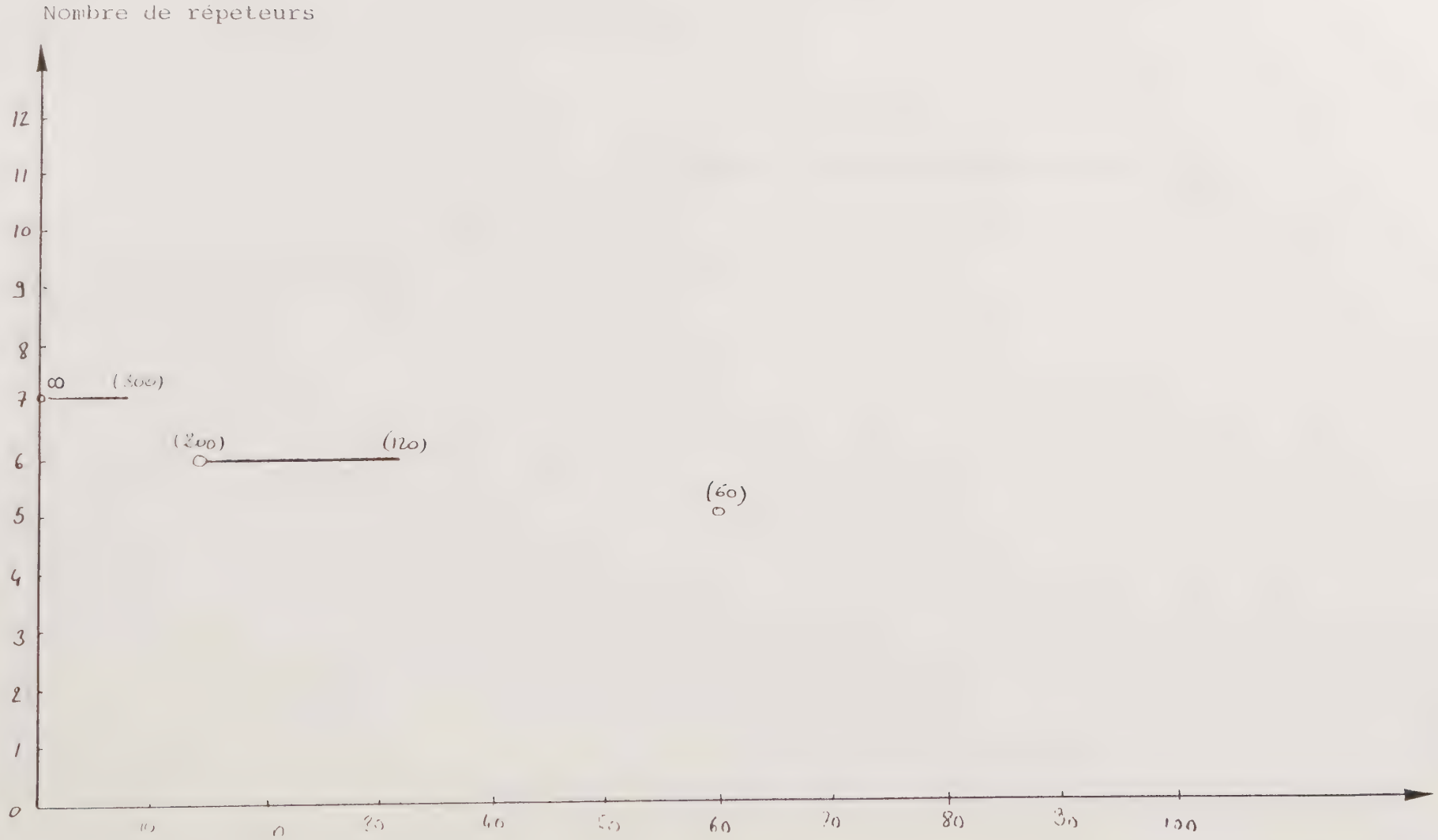
1) 0 CNC et 4 répéteurs (seuil ∞)
2) 120 CNC et 3 répéteurs (seuil 120).


Nombre de repeteurs
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
0
∞
(140)
(120)
(60)
Nombre d'équipements CNC

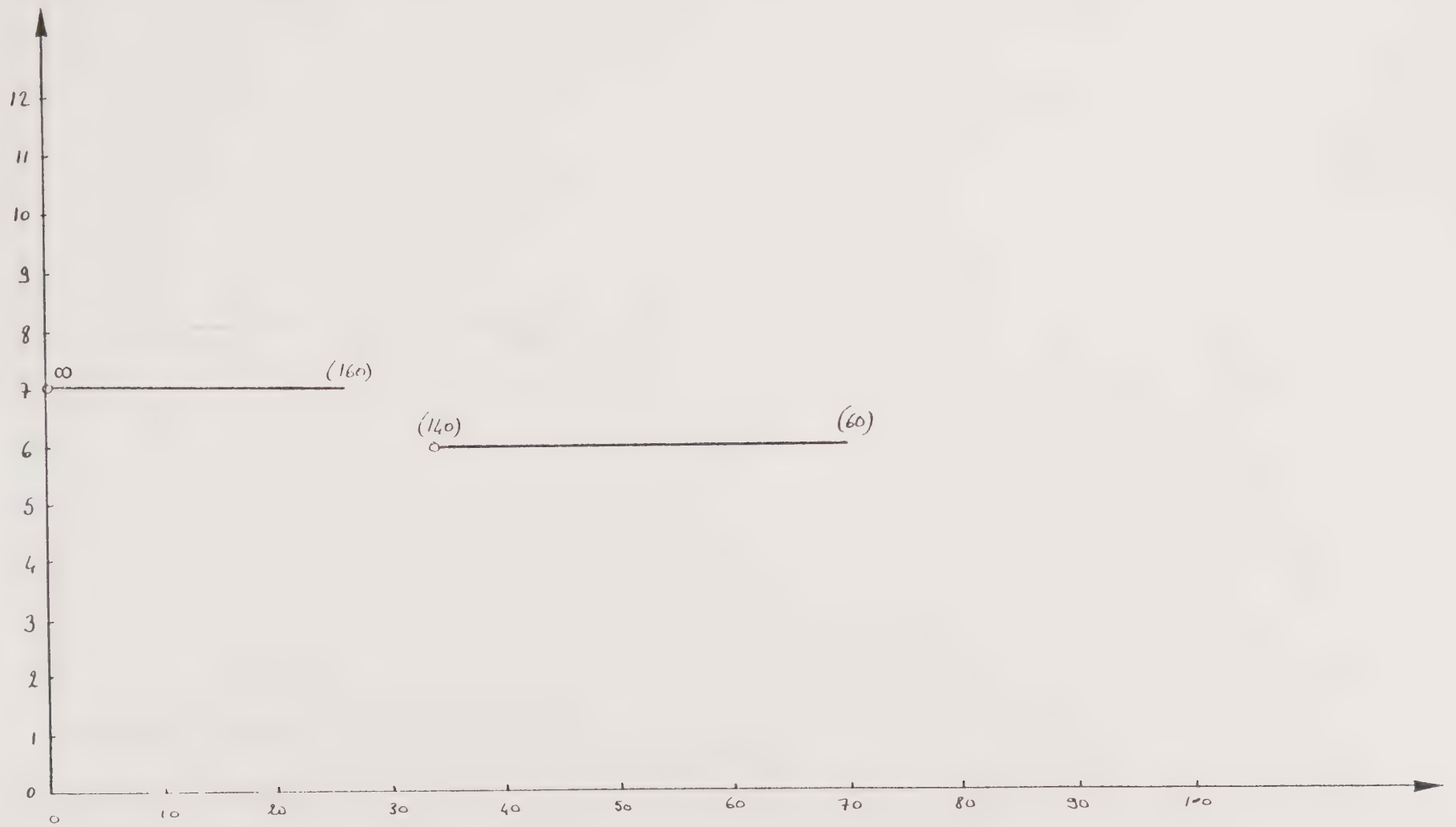
ANNEE :1983


Nombre de repeteurs
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
∞
(160)
(140)
(120)
(60)
20
30
40
50
Nombre d'équipements CNC

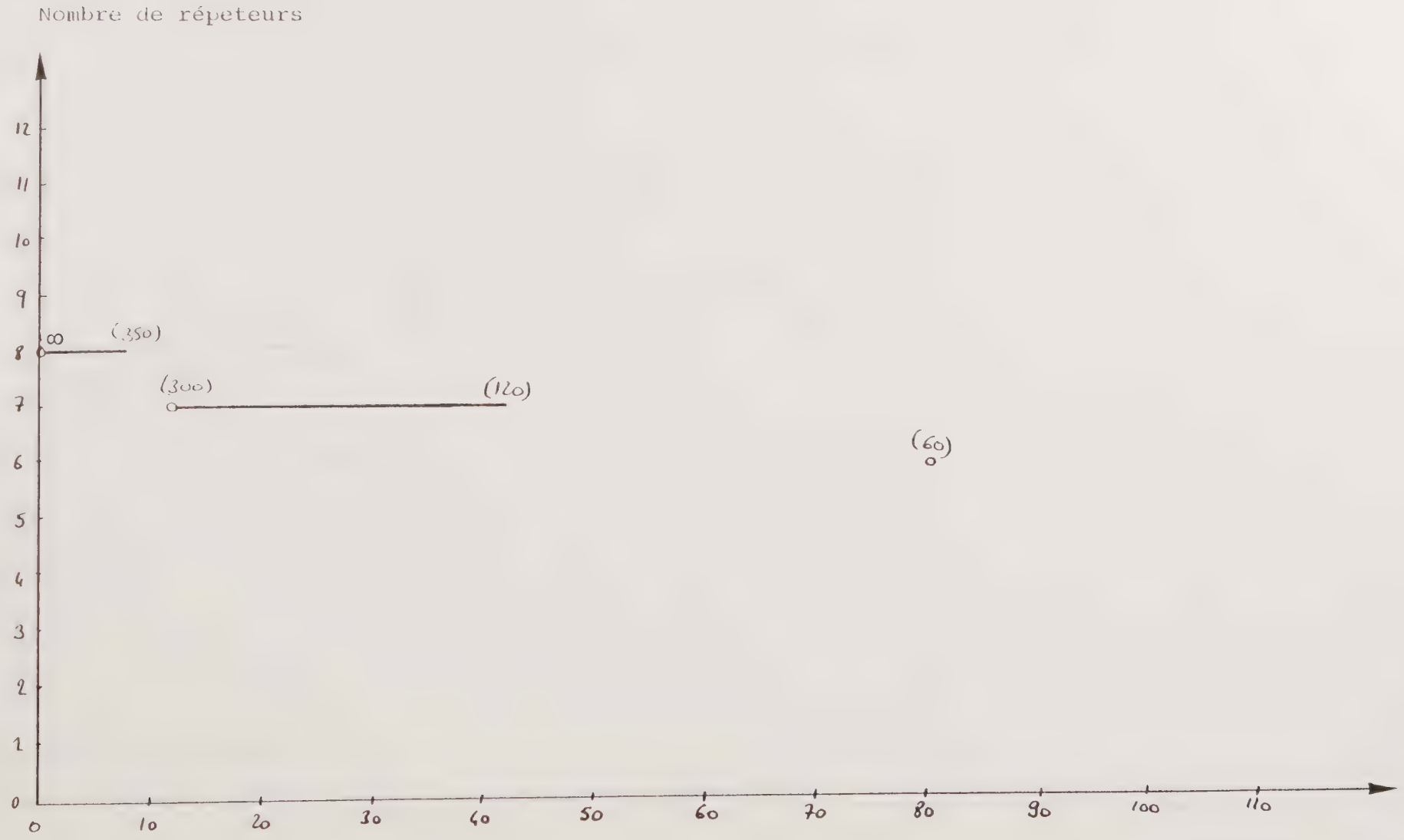
ANNEE : 1984


Nombre de répeteurs
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
8
(300)
(200)
(120)
(60)
0
20
40
60
80
100
Nombre d'équipements CNC

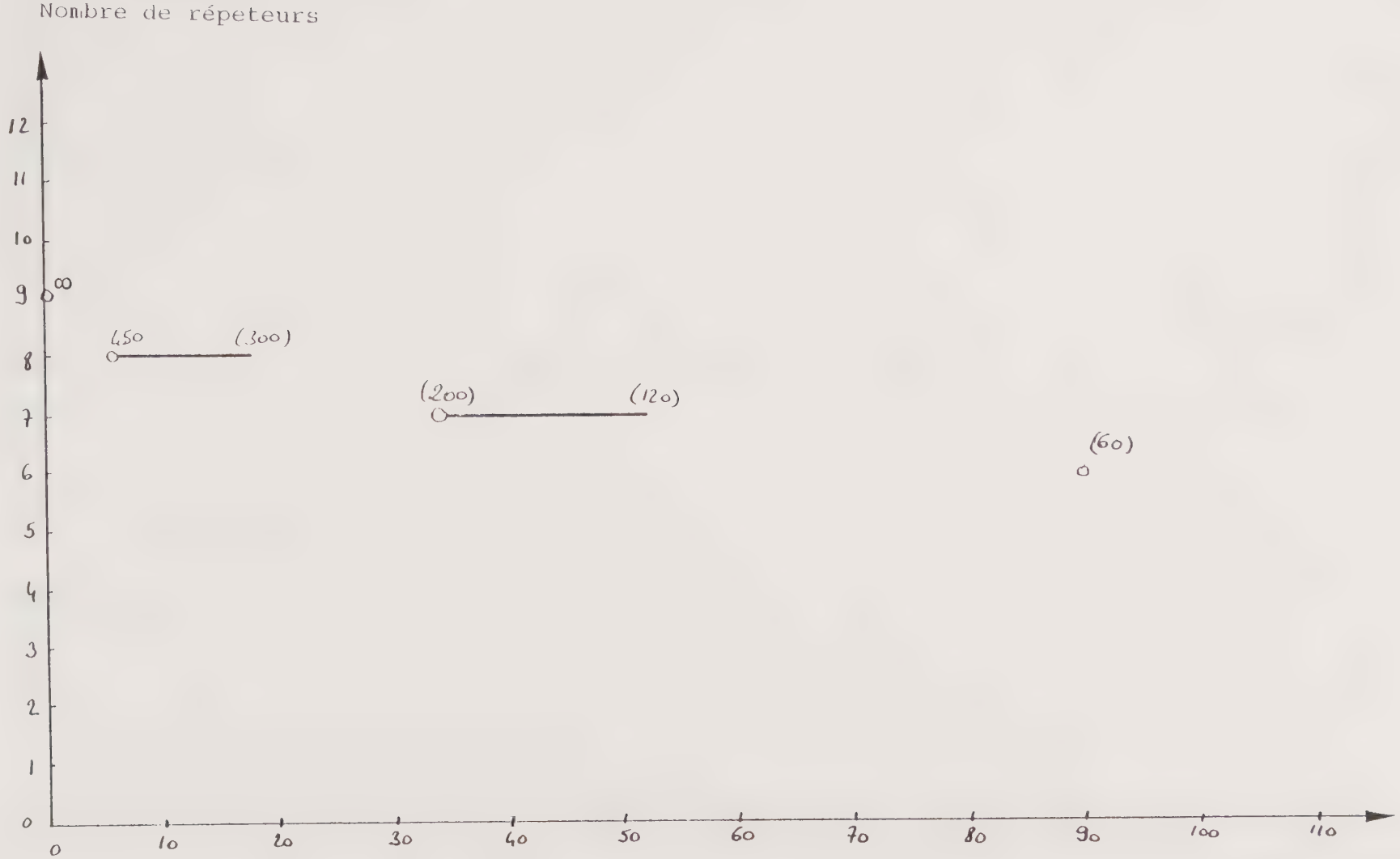
ANNEE :1985

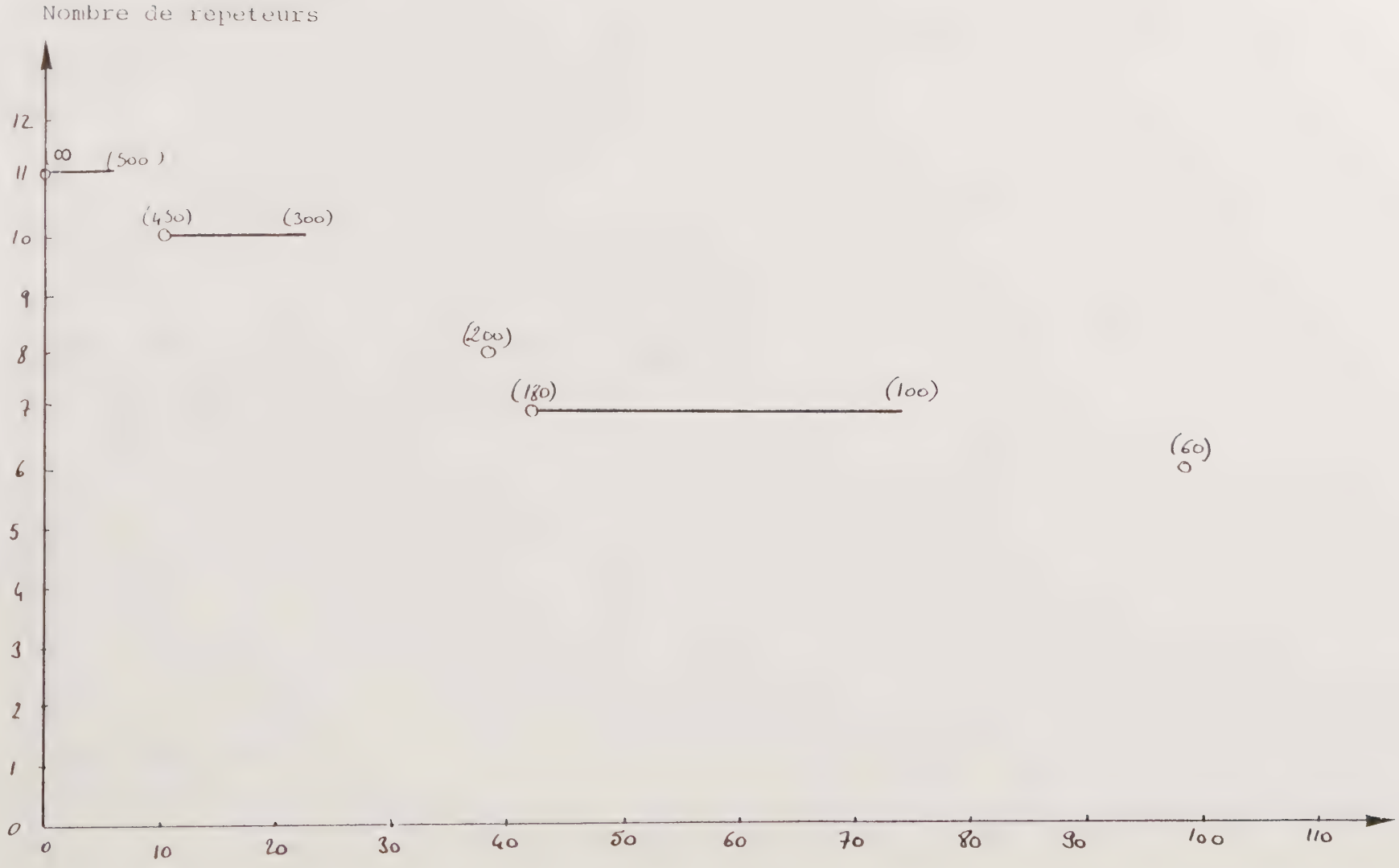

Nombre de répeteurs
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
∞
(160)
(140)
(60)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Nombre d'équipements CNC

ANNEE :1986

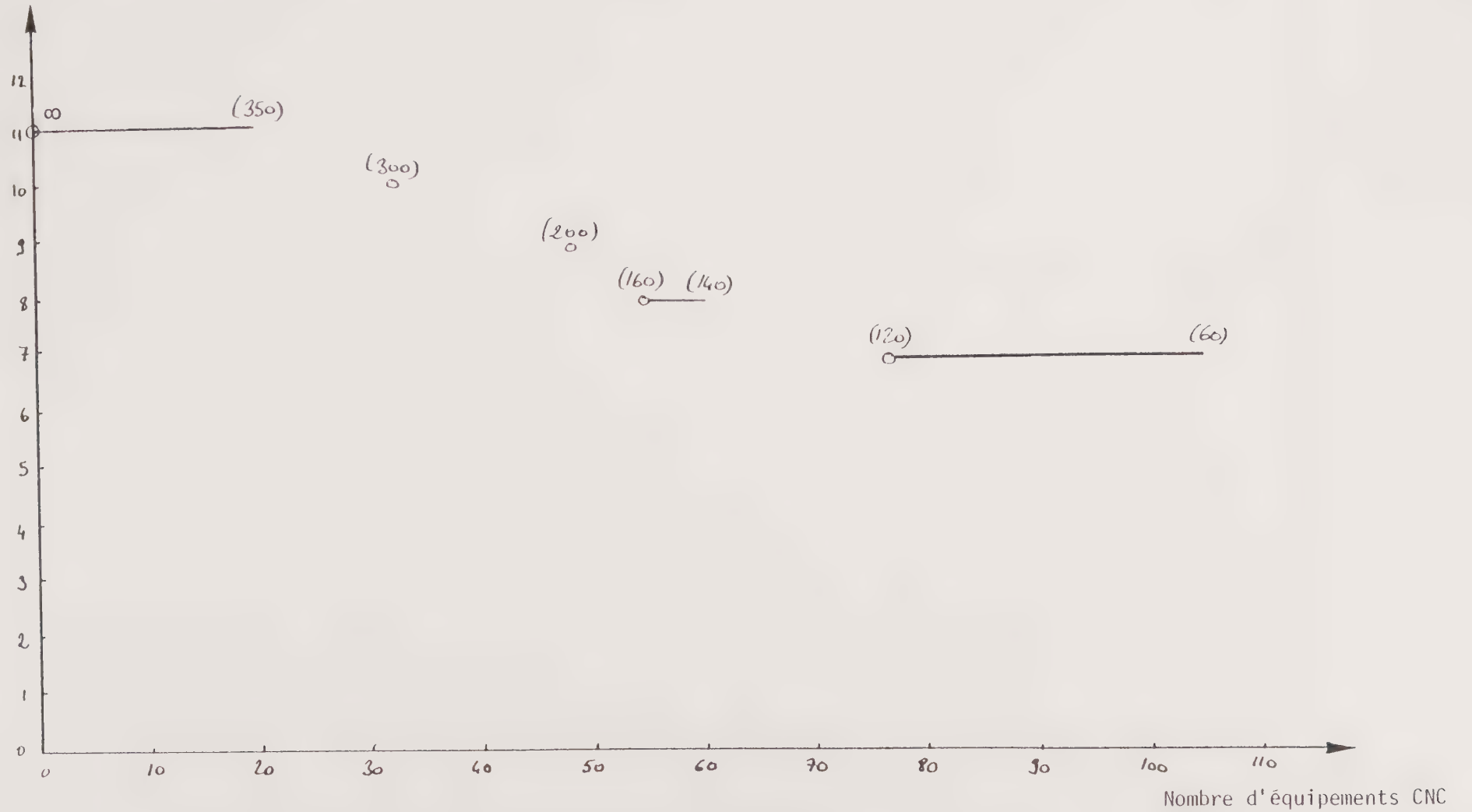

Nombre de répeteurs
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
8
(350)
(300)
(120)
(60)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
Nombre d'équipements CNC

ANNEE :1987


Nombre de répeteurs
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
8
450
(300)
(200)
(120)
(60)
ANNEE :1988
Nombre d'équipements CNC


Nombre de repeteurs
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
∞
(500)
(450)
(300)
(200)
(180)
(100)
(60)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
Nombre d'équipements CNC

ANNEE :1989


Nombre de répéteurs
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
∞
(350)
(300)
(200)
(160)
(140)
(120)
(60)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
Nombre d'équipements CNC

ANNEE : 1990

IV.4. LISTING DU PROGRAMME "SAT-ECS" ET ALGORITHME

Le programme SAT-ECS

Les commandes nécessaires au fonctionnement du programme et les matrices de trafic fournies par les utilisateurs sont stockées sur des fichiers de données.

A partir de ces fichiers, le programme SAT-ECS réalise la gestion de la trame pour le satellite ECS. Il est ainsi facile de lancer le programme SAT-ECS avec les mêmes données, en modifiant seulement le seuil d'utilisation des équipements CNC.

Le listing présenté ci-après correspond à un seuil variant de 60 jusqu'à 240 par pas de 20 (cf. ligne 1200).

```
1000C**********PROGRAMME SAT-ECO **************
1010C      ASSIGNATION DE PAQUETS DE TRAFIC
1020C      DANS UNE TRAME DE SATELLITE
1030C      ECRIT PAR E.BRANDT 1980-1981
1040C*****************************************
1050C
1060       INTEGER T,W,TN,OUI,CNC
1070       DIMENSION T(15,15),IT(15,15),LC(15),KC(15),TN(15,15)
1080       COMMON/BLOC1/W(15),NREP(4),IW(15,99,4),ICP(15)
1090       DATA IN,IO,N,NREG,IWFIN/1,6,15,3,99/
1100       COMMON/BLOC3/IPAYS(15)
1110       DATA IPAYS/"BNL","F  ","D  ","IRL","NRD","CH ","UK ",
1120      $"A  ","I  ","CY ","GR ","TR ","YU ","P  ","E  "/
1130       COMMON/BLOC2/IFN(4)
1140       DATA IFN/8,13,15,20/
1150       DIMENSION IPCHS(30,6)
1160       COMMON/BLOC4/CNC(15,15)
1170       DATA IPT,OUI,NON/"...","OUI","NON"/
1180C
1190C      INITIALISATION DU SEUIL INFERIEUR POUR LES CNC
1200       DO 20 NSEUIL=60,240,20
1210C
1220C      CALCUL DU NOMBRE DE REPETEURS PAR REGION
1230    18 NREPT=0
1240C
1250C      LECTURE DE LA MATRICE  DE TRAFIC
1260       READ(IN,110)L
1270   110 FORMAT(I1)
1280C      LECTURE DE LA MATRICE DES TRAFICS CNC POTENTIELS
1290       CALL LIRE(T,N,1)
1300C
1310C      LECTURE DE LA MATRICE DES TRAFICS NON CNC
1320       READ(2,110)L
1330       CALL LIRE(TN,N,2)
1340       IND1=0
1350C
1360       WRITE(IO,200)
1370   200 FORMAT(///,9X,"MATRICE DES TRAFICS CNC POTENTIELS",///)
1380       CALL ECRIT(T,N)
1390C
1400       NR=N
1410       IC=0
1420       PER=1.05
1430C
1440C      CALCUL DU NOMBRE DE CNC NECESSAIRES
1450       NBCNC=0
1460       DO 10 IZONE=1,NREG
1470       NDEB=1
1480       LONG=0
1490       IF(IZONE.NE.1)NDEB=IFN(IZONE-1)+1
1500       NFIN=IFN(IZONE)
1510       DO 12 IPROV=1,15
1520       DO 12 IDEST=NDEB,NFIN
1530       CNC(IPROV,IDEST)=IPT
1540       IF(T(IPROV,IDEST).NE.0)CNC(IPROV,IDEST)=NON
1550       LONG=LONG+T(IPROV,IDEST)+TN(IPROV,IDEST)
1560       IF(T(IPROV,IDEST).LT.NSEUIL)GOTO12
1570       CNC(IPROV,IDEST)=OUI
1580       J=T(IPROV,IDEST)/240+1
1590       NBCNC=NBCNC+J
1600       J=(T(IPROV,IDEST)+MOD(T(IPROV,IDEST),2))/2
1610       LONG=LONG-T(IPROV,IDEST)+J
1620       T(IPROV,IDEST)=J
1630    12 CONTINUE
```

```
      LTRAM=[illegible]
      NREP(IZONE)=INT(FLOAT(LONG)*PER)/LTRAM+1
      NREPT=NREPT+NREP(IZONE)
   10 CONTINUE
C
      WRITE(IO,330)
  330 FORMAT(//,9X,"MATRICE D'UTILISATION DES CNC",//)
      WRITE(IO,270)(IPAYS(I),I=1,N)
  270 FORMAT(9X,106("*"),/,9X,"*",15(2X,A3," *"),/,2X,113("*"))
      DO 27 I=1,N
      WRITE(IO,280)IPAYS(I),(CNC(I,J),J=1,N)
  280 FORMAT("  *  ",A3," *",7(1X,A3,"  I"),1X,A3,"  *",
     &3(1X,A3,"  I"),2(1X,A3,"  I",1X,A3,"  *"))
      IF(I.EQ.8.OR.I.EQ.13.OR.I.EQ.15)WRITE(IO,310)
  310 FORMAT(2X,113("*"))
      IF(I.NE.8.AND.I.NE.13.AND.I.NE.15)WRITE(IO,320)
  320 FORMAT(2X,8("*"),55("-"),"*",34("-"),"*",13("-"),"*")
   27 CONTINUE
C
      WRITE(IO,150)NSEUIL,NBCNC
  150 FORMAT(//,9X,"AVEC UN SEUIL DE:",I4,
     &" LE NOMBRE MINIMUM DE CNC EST:",I4,//)
C
      WRITE(IO,260)
  260 FORMAT(9X,"MATRICE DES TRAFIC CNC POTENTIELS",
     &" APRES CONCENTRATION",//)
      CALL ECRIT(T,N)
C
      WRITE(IO,300)
  300 FORMAT(//,9X,"MATRICE DES TRAFICS NON CNC",//)
      CALL ECRIT(TN,N)
C
      WRITE(IO,170)NREPT
  170 FORMAT(//,9X,"IL FAUT AU MOINS",I3," REPETEURS",
     &" POUR ECOULER TOUT LE TRAFIC")
C
C     TRANSFERT DE T DANS UNE MATRICE DE TRAVAIL
   14 IF(IC.EQ.0)CALL TRANS(T,N,IT)
C
C     RECHERCHE DES RANGS CRITIQUES
      IK=0
      IKP=0
      DO 13 K=1,N
      CALL CRITIC(IT,NR,LC(K),KC(K),MAX)
      IF(MAX.EQ.0.OR.LC(K).EQ.0.OR.KC(K).EQ.0)GOTO5
      IP=IK+1
      IF(LC(K).NE.KC(K))IP=IK+2
      IF(IP.GT.N)GOTO5
      IKP=IKP+1
C     MISE A ZERO DES RANGS CRITIQUES
      IF(LC(K).NE.KC(K))CALL COMAT(IT,NR,KC(K),LC(K))
      CALL COMAT(IT,NR,LC(K),KC(K))
      IK=IP
   13 CONTINUE
C
C     SEPARATION EN DEUX MATRICES
    5 CALL TRANS(T,N,IT)
C     ON ENLEVE DE IT LES ELEMENTS MAXIMUMS
C     PRECEDEMENTS CALCULES
      DO 1 K=1,IKP
      IT(LC(K),KC(K))=0
      IT(KC(K),LC(K))=0
    1 CONTINUE
C
C     ON CONSERVE DANS T SEULEMENT LES ELEMENTS
C     MAXIMUMS LES AUTRES SONT MIS A 0
```

```
2310       DO 2 I=1,N
2320       DO 2 J=1,N
2330       DO 3 K=1,IMP
2340       IF(I.EQ.LC(K).AND.J.EQ.KC(K))GOTO2
2350       IF(J.EQ.LC(K).AND.I.EQ.KC(K))GOTO2
2360     3 CONTINUE
2370       T(I,J)=0
2380     2 CONTINUE
2390C
2400       IND=IZERO(T,N)
2410       IF(IND.EQ.0)GOTO21
2420       IC=IC+1
2430       CALL DLA(IC,N,NREPT,T)
2440       CALL TRANS(IT,N,T)
2450       GOTO14
2460C
2470    21 IF(IND1.EQ.1)GOTO19
2480       CALL TRANS(TN,N,T)
2490C
2500       DO 28 I=1,N
2510       DO 28 J=1,N
2520       CNC(I,J)=IPT
2530    28 CONTINUE
2540       IND1=1
2550       GOTO14
2560C
2570    19 DO 9 I=1,NREPT
2580       K=0
2590       WRITE(IO,130)I
2600   130 FORMAT(///,9X,"PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO:",I3,///)
2610       WRITE(IO,160)
2620   160 FORMAT(9X,53("*"),/,9X,"*  PROVENANCE  *  DESTINATION  *",
2630      &"  TRAFIC  *   CNC    *",/,9X,53("*"))
2640C
2650       DO 8 J=1,IWFIN
2660       IF(IW(I,J,1).EQ.0)GOTO8
2670       K=K+IW(I,J,1)
2680       WRITE(IO,140)IW(I,J,2),IW(I,J,3),IW(I,J,1),IW(I,J,4)
2690   140 FORMAT(9X,"*",6X,A3,5X,"*",6X,A3,6X,"*",3X,I5,
2700      &"  *",3X,A3,3X,"*")
2710C
2720       WRITE(IO,180)
2730   180 FORMAT(9X,53("*"))
2740C
2750     8 CONTINUE
2760       WRITE(IO,120)K
2770   120 FORMAT(///,9X,"CHARGE TOTALE DU REPETEUR=",I5,///)
2780     9 CONTINUE
2790C
2800       WRITE(IO,230)
2810   230 FORMAT(///,9X,"PLAN DE CHARGE DES STATIONS")
2820C
2830       DO 22 IP=1,15
2840       WRITE(IO,190)IPAYS(IP)
2850   190 FORMAT(///,9X,"STATION: ",A3,///)
2860       L=1
2870       DO 23 I=1,15
2880       K=0
2890       DO 24 J=1,IWFIN
2900       IF(IW(I,J,1).EQ.0)GOTO23
2910       K=K+IW(I,J,1)
2920       IF(IW(I,J,2).NE.IPAYS(IP))GOTO24
2930       IPCHS(L,1)=IW(I,J,3)
2940       IPCHS(L,2)=IW(I,J,1)
2950       IPCHS(L,3)=I
2960       IPCHS(L,4)=K-IW(I,J,1)
```

```
      IPCHS(L,5)=K
      IPCHS(L,6)=IW(L,J,4)
      L=L+1
   24 CONTINUE
   23 CONTINUE
      IF(L.EQ.1)GOTO26
C
      WRITE(IO,210)
  210 FORMAT(9X,64("*"))
      WRITE(IO,240)
  240 FORMAT(9X,"* DESTINATION * TRAFIC * NO REPT *",
     $"  DEBUT  *    FIN    *    CNC    *")
      WRITE(IO,210)
      DO 25 K=1,30
      IF(IPCHS(K,2).EQ.0)GOTO22
      WRITE(IO,220)IPCHS(K,1),IPCHS(K,2),IPCHS(K,3),
     &IPCHS(K,4),IPCHS(K,5),IPCHS(K,6)
  220 FORMAT(9X,"*",5X,A3,5X,"*",I6,"   *",
     $3(I6,"    *"),3X,A3,3X,"*")
      WRITE(IO,210)
   25 CONTINUE
      WRITE(IO,210)
      GOTO22
C
   26 WRITE(IO,250)
  250 FORMAT(9X,"PAS DE TRAFIC")
   22 CONTINUE
C
      READ(IN,110)IND
      IF(IND.NE.0)GOTO18
      REWIND 01
      REWIND 02
C
   20 CONTINUE
C
      REWIND 01
      REWIND 02
C
      STOP
      END
C
      SUBROUTINE COMAT(M,N,LC,KC)
C
C     MISE A ZERO DES LIGNES ET COLONNES CRITIQUES
      DIMENSION M(15,15)
C
      DO 1 I=1,N
      M(I,KC)=0
      M(LC,I)=0
    1 CONTINUE
C
      RETURN
      END
C
      SUBROUTINE TRANS(M,N,MP)
C
C     TRANSFERT DES ELEMENTS DE M DANS MP
      DIMENSION M(15,15),MP(15,15)
C
      DO 1 I=1,N
      DO 1 J=1,N
      MP(I,J)=M(I,J)
    1 CONTINUE
C
      RETURN
      END
```

```
3620C
3630        SOUS-ROUTINE CRIT(M,N,C,IC,ISM)
3640C
3650C       RECHERCHE DES LIGNES ET COLONNES CRITIQUES
3660        DIMENSION M(15,15)
3670C
3680        MAX=0
3690        DO 1 L=1,N
3700        IS=0
3710        DO 2 K=1,N
3720        IS=IS+M(L,K)
3730      2 CONTINUE
3740        IF(IS.LE.MAX)GOTO1
3750        IR=L
3760        MAX=IS
3770        ISM=IS
3780      1 CONTINUE
3790        IF(MAX.EQ.0)RETURN
3800        MAX=M(IR,1)
3810        KC=1
3820        DO 6 J=2,N
3830        IF(M(IR,J).LE.MAX)GOTO6
3840        KC=J
3850        MAX=M(IR,J)
3860      6 CONTINUE
3870        LC=IR
3880C
3890        RETURN
3900        END
3910C
3920        SUBROUTINE LIRE(M,N,IN)
3930C
3940        DIMENSION M(15,15)
3950C
3960        NN=N-1
3970        DO 1 I=1,NN
3980        M(I,I)=0
3990        II=I+1
4000        DO 1 J=II,N
4010        READ(IN,200)M(I,J)
4020  200 FORMAT(I3)
4030        M(J,I)=M(I,J)
4040      1 CONTINUE
4050        M(N,N)=0
4060C
4070        RETURN
4080        END
4090C
4100        SUBROUTINE ECRIT(M,N)
4110C
4120        DATA IO/6/
4130        COMMON/BLOC3/IPAYS(15)
4140        DIMENSION M(15,15)
4150C
4160        WRITE(IO,200)(IPAYS(J),J=1,N)
4170  200 FORMAT(9X,106("*")/,9X,"*",15(2X,A3," *")/,2X,113("*"))
4180        DO 1 I=1,N
4190        WRITE(IO,100)IPAYS(I),(M(I,J),J=1,N)
4200  100 FORMAT("  *  ",A3," *",7(I4,"  I"),I4,"  *",
4210     &3(I4,"  I"),2(I4,"  I",I4,"  *"))
4220C
4230        IF(I.EQ.8.OR.I.EQ.13.OR.I.EQ.15)WRITE(IO,300)
4240  300 FORMAT(2X,113("*"))
4250C
4260        IF(I.NE.8.AND.I.NE.13.AND.I.NE.15)WRITE(IO,400)
4270  400 FORMAT(2X,8("*"),55("-"),"*",34("-"),"*",13("-"),"*")
```

```
C
      1 CONTINUE
        RETURN
        END
C
        FUNCTION IZERO(M,N)
C
        DIMENSION M(15,15)
C
        DO 1 I=1,N
        DO 1 J=1,N
        IF(M(I,J).NE.0)GOTO2
      1 CONTINUE
        IZERO=0
        RETURN
      2 IZERO=1
C
        RETURN
        END
C
        SUBROUTINE DLA(IC,NP,NBEST,I)
C       ASSIGNATION DE STATIONS A DES REPETEURS
C       EN FONCTION DE LEUR TRAFIC
C
        INTEGER X,MASS,MIN,PAYS,DEST,PRO,CNC
        DATA IM,IC/5,6/
        DIMENSION IS(15),T(15,15)
        DIMENSION PAYS(15),LPAYS(15)
        DIMENSION MASS(15),NCP(15)
        COMMON/BLOC1/M(15),NBEST,I,A(15,99,4),ICP(15)
        COMMON/BLOC3/IPAYS(15)
        DATA IBLANC,IPT/"    ","."/
        DATA IFIN/99/
        COMMON/BLOC4/CNC(15,15)
        NPAYS=NP
C
        DO 1 J=1,NP
        PAYS(J)=IPAYS(J)
        DO 9 I=1,NP
        IF(T(I,J).EQ.0)GOTO8
        IS(J)=T(I,J)
        LPAYS(J)=IPAYS(I)
        GOTO1
      8 CONTINUE
        IS(J)=0
      1 CONTINUE
C
C       TRI DESCENDANT DES TRAFICS PAR INSERTION SIMPLE
        DO 6 K=2,NP
        I=K-1
      7 IF(I.LT.1)GOTO6
        IF(IS(I).GE.IS(I+1))GOTO6
C       PERMUTATION DES TRAFICS
        J=IS(I)
        IS(I)=IS(I+1)
        IS(I+1)=J
C       PERMUTATION DES DESTINATIONS
        J=PAYS(I)
        PAYS(I)=PAYS(I+1)
        PAYS(I+1)=J
C       PERMUTATION DES PROVENANCES
        J=LPAYS(I)
        LPAYS(I)=LPAYS(I+1)
        LPAYS(I+1)=J
C
        I=I-1
```

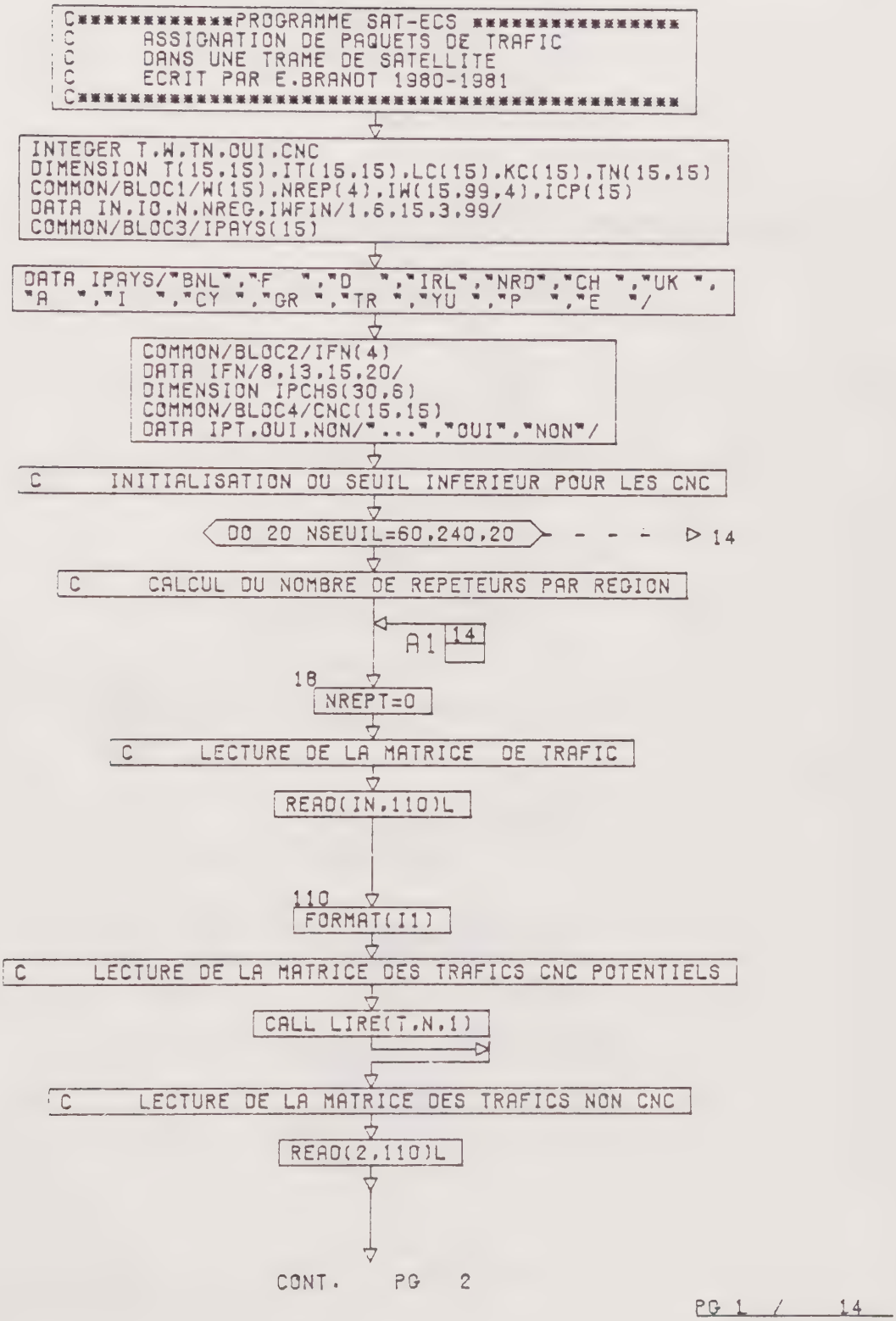
```
4940       GOTO7
4950     1 CONTINUE
4960C
4970C      CHOIX DE L'ALGORITHME
4980       IF(IC.GT.1)GOTO19
4990C
5000C      REMISE A ZERO DES REPETEURS
5010       DO 2 I=1,NP
5020       W(I)=0
5030     2 CONTINUE
5040C
5050C
5060C      INITIALISATION DU TABLEAU REPRESENTANT LA TRAME
5070       DO 9 I=1,NREPT
5080       ICP(I)=1
5090       DO 9 J=1,IWFIN
5100       IW(I,J,1)=0
5110       IW(I,J,2)=IBLANC
5120       IW(I,J,3)=IBLANC
5130       IW(I,J,4)=IPT
5140     9 CONTINUE
5150C
5160C
5170       DO 3 I=1,NP
5180       IF(IS(I).EQ.0)GOTO3
5190       DEST=PAYS(I)
5200       PROV=LPAYS(I)
5210C
5220       DO 50 J=1,NP
5230       IF(IPAYS(J).EQ.PROV)KPR=J
5240       IF(IPAYS(J).EQ.DEST)KDS=J
5250    50 CONTINUE
5260C
5270C
5280       CALL BORNES(NPA,DEST,NREP,NDEB,NFIN)
5290C
5300       II=NDEB
5310       MIN=W(NDEB)
5320       IF(NDEB.EQ.NFIN)GOTO14
5330C
5340C      RECHERCHE DU NUMERO DU REPETEUR LE MOINS CHARGE
5350       DO 4 K=NDEB,NFIN
5360       IF(W(K).GE.MIN)GOTO4
5370       MIN=W(K)
5380       II=K
5390     4 CONTINUE
5400C
5410C      ASSIGNATION D'UN TRAFIC A UN REPETEUR
5420    14 W(II)=W(II)+IS(I)
5430       IW(II,ICP(II),1)=IS(I)
5440       IW(II,ICP(II),2)=PROV
5450       IW(II,ICP(II),3)=DEST
5460       IW(II,ICP(II),4)=CNC(KPR,KDS)
5470       ICP(II)=ICP(II)+1
5480     3 CONTINUE
5490C
5500       RETURN
5510C
5520    19 DO 18 IL=1,NP
5530       IF(IS(IL).EQ.0)GOTO18
5540       PROV=LPAYS(IL)
5550       DEST=PAYS(IL)
5560C
5570       DO 51 J=1,NP
5580       IF(IPAYS(J).EQ.PROV)KPR=J
5590       IF(IPAYS(J).EQ.DEST)KDS=J
```

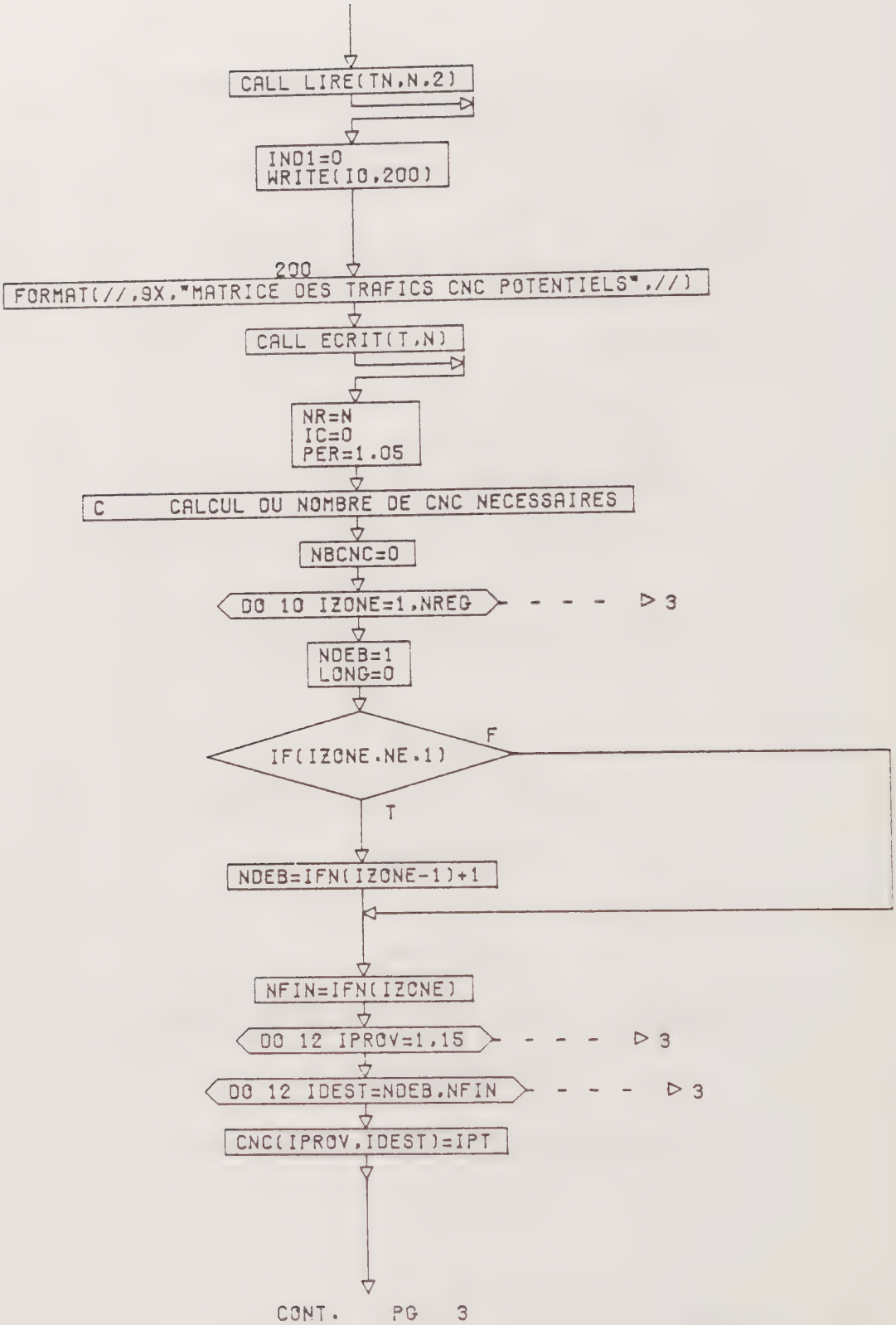
```
   31 CONTINUE
C
      CALL [illegible]RNES(NPA,DEST,N[illegible]EB,[illegible],NFIN)
C
      DO 21 I=NDEB,NFIN
      WASS(I)=IW(I,1,1)
C
C     EXAMEN DES PAQUETS
      DO 11 L=2,IWFIN
      IF(IW(I,L,1).EQ.0)GOTO15
      IF(IW(I,L,2).EQ.IPT.AND.IW(I,L,1).GE.IS(IL))GOTO13
      GOTO5
   13 IK=WASS(I)
      IA=WASS(I)+IW(I,L,1)
      NOP(I)=L
C
   23 DO 22 J=1,NREPT
      IF(I.EQ.J)GOTO22
      IF(IK.GE.W(J))GOTO22
C
C     RECHERCHE DU NUMERO DU PREMIER PAQUET EN CONFLIT
      ISOM=0
      DO 24 K=1,IWFIN
      ISOM=ISOM+IW(J,K,1)
      IF(IK.GE.ISOM)GOTO24
      NDEBP=K
      GOTO25
   24 CONTINUE
C
   25 NDEBP1=NDEBP+1
      ISOM1=ISOM
      IP=IK+IS(IL)
C
C     RECHERCHE DU NUMERO DU DERNIER PAQUET EN CONFLIT
      DO 26 K=NDEBP1,IWFIN
      NFINP=K
      IF(IW(J,K,1).EQ.0)GOTO28
      IF(ISOM1.GE.IP)GOTO28
      ISOM1=ISOM1+IW(J,K,1)
      IF(ISOM1.GE.IP)GOTO27
   26 CONTINUE
C
   28 NFINP=NFINP-1
C
   27 ISOM=ISOM-IW(J,NDEBP,1)
C
C     EXAMEN DES CONFLITS POSSIBLES ENTRE PAQUETS
      DO 29 K=NDEBP,NFINP
      ISOM=ISOM+IW(J,K,1)
      IF(IW(J,K,2).NE.PROV.AND.IW(J,K,3).NE.DEST)GOTO29
      IK=MAX0(ISOM,IK)
      IP=IK+IS(IL)
      IF(IP.GT.IA)GOTO5
      GOTO23
   29 CONTINUE
C
   22 CONTINUE
   16 WASS(I)=IK
      GOTO21
C
    5 WASS(I)=WASS(I)+IW(I,L,1)
   11 CONTINUE
C
C     RECHERCHE DE LA POSITION D'ASSIGNATION EN BOUT DE TRAME
   15 WASS(I)=W(I)
C
```

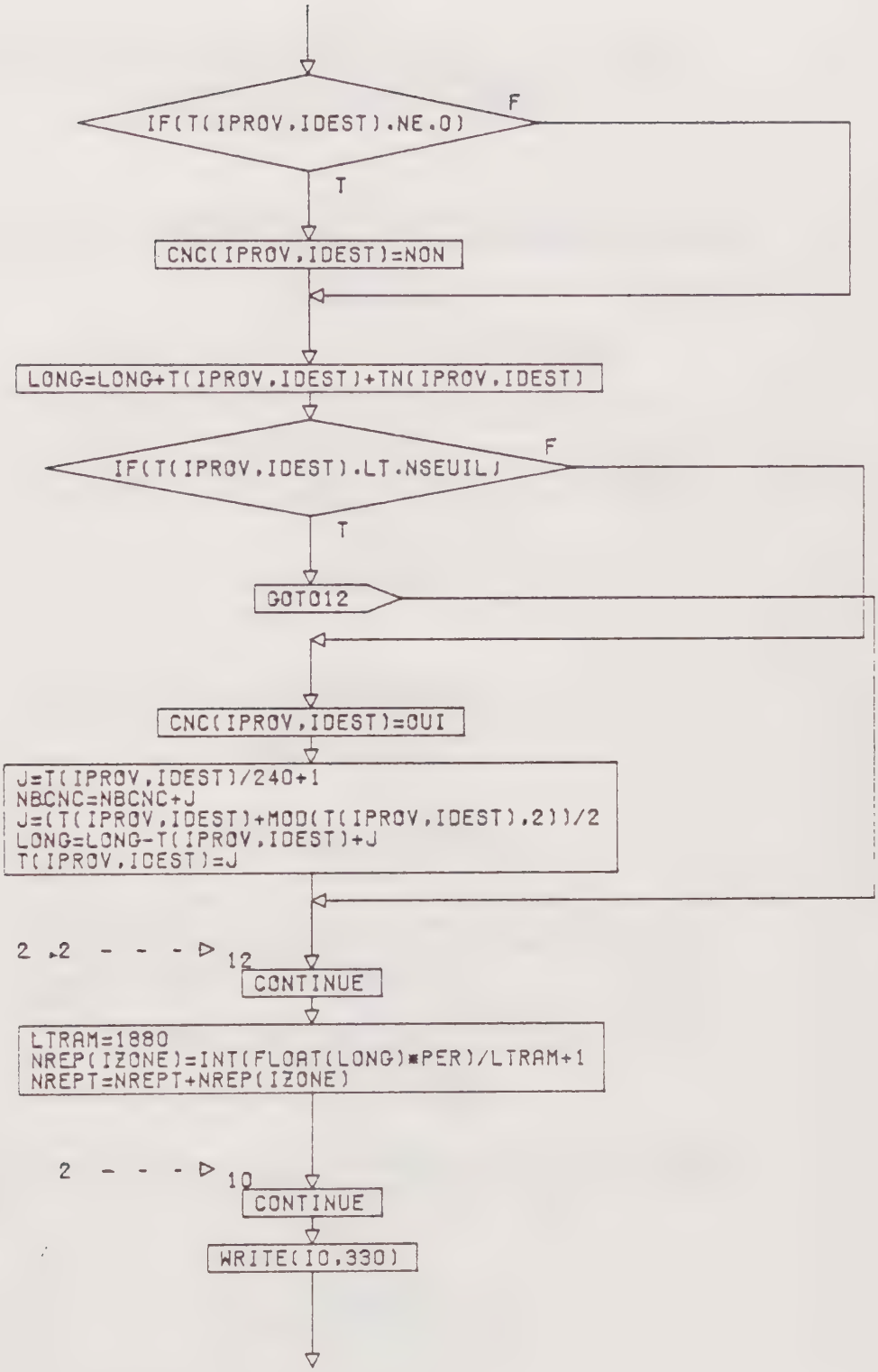
```
6260    43 [illegible]
6270       IF(I.EQ.J)GOTO42
6280       IF(WASS(I).GE.W(J))GOTO42
6290C
6300C      RECHERCHE DU NUMERO DU DERNIER PAQUET EN CONFLIT
6310       ISOM=0
6320       DO 44 K=1,IWFIN
6330       ISOM=ISOM+IW(J,K,1)
6340       IF(WASS(I).GE.ISOM)GOTO44
6350       NDEBP=K
6360       GOTO45
6370    44 CONTINUE
6380C
6390    45 NDEBP1=NDEBP+1
6400       ISOM1=ISOM
6410       IP=WASS(I)+IS(IL)
6420C
6430C      RECHERCHE DU NUMERO DU DERNIER PAQUET
6440       DO 46 K=NDEBP1,IWFIN
6450       NFINP=K
6460       IF(IW(J,K,1).EQ.0)GOTO46
6470       IF(ISOM1.GE.IP)GOTO48
6480       ISOM1=ISOM1+IW(J,K,1)
6490       IF(ISOM1.GE.IP)GOTO47
6500    46 CONTINUE
6510C
6520    48 NFINP=NFINP-1
6530C
6540    47 ISOM=ISOM-IW(J,NDEBP,1)
6550C
6560C      EXAMEN DES CONFLITS POSSIBLES ENTRE PAQUETS
6570       DO 49 K=NDEBP,NFINP
6580       ISOM=ISOM+IW(J,K,1)
6590       IF(IW(J,K,2).NE.PROV.AND.IW(J,K,3).NE.DEST)GOTO49
6600       WASS(I)=MAXO(ISOM,WASS(I))
6610       GOTO43
6620    49 CONTINUE
6630C
6640    42 CONTINUE
6650C
6660    21 CONTINUE
6670C
6680C      RECHERCHE DE LA PREMIERE POSITION D'ASSIGNATION
6690       IM=NDEB
6700       WMIN=WASS(NDEB)
6710       DO 30 I=NDES,NFIN
6720       IF(WASS(I).GE.WMIN)GOTO30
6730       IF(WASS(I).LT.WMIN)GOTO36
6740C
6750       DO 17 J=1,IWFIN
6760       JJ=J
6770       IF(IW(I,J,1).EQ.0)GOTO20
6780    17 CONTINUE
6790C
6800    20 JJ=J-1
6810       IF(IW(I,JJ,2).NE.PROV)GOTO30
6820    36 WMIN=WASS(I)
6830       IM=I
6840    30 CONTINUE
6850C
6860       IF(WMIN.GE.W(IM))GOTO31
6870C      ASSIGNATION DANS UN ESPACE VIDE
6880       IS=0
6890       II=NOP(IM)-1
6900       I1=0
6910       DO 32 I=1,II
```

```
      I1=I1+IW(IM,I,1)
   32 CONTINUE
      I2=WASS(IM)
      I3=WASS(IM)+IS(IL)
      I4=I1+IW(IM,NOP(IM),1)
C
C     CALCUL DU NOMBRE DE DECALAGES A FAIRE
      ID=0
      IF(I1.EQ.I2.OR.I3.EQ.I4)ID=1
      IF(I1.NE.I2.AND.I3.NE.I4)ID=2
C
      IF(ID.EQ.0)GOTO35
C
      IFI=ICP(IM)-1
C
C     DECALAGE DE LA TRAME D'UN REPETEUR
      DO 34 II=NOP(IM),IFI
      I=IFI+NOP(IM)-II
      IW(IM,I+ID,1)=IW(IM,I,1)
      IW(IM,I+ID,2)=IW(IM,I,2)
      IW(IM,I+ID,3)=IW(IM,I,3)
      IW(IM,I+ID,4)=IW(IM,I,4)
   34 CONTINUE
C
      ICP(IM)=ICP(IM)+ID
      IF(I1.EQ.I2)GOTO35
C     ASSIGNATION D'UN BLANC AVANT UN TRAFIC
      IW(IM,NOP(IM),1)=I2-I1
      IW(IM,NOP(IM),2)=IPT
      IW(IM,NOP(IM),3)=IPT
      IW(IM,NOP(IM),4)=IPT
      I5=1
C
C     ASSIGNATION DE TRAFIC A UN REPETEUR
   35 IW(IM,NOP(IM)+I5,1)=IS(IL)
      IW(IM,NOP(IM)+I5,2)=PROV
      IW(IM,NOP(IM)+I5,3)=DEST
      IW(IM,NOP(IM)+I5,4)=CNC(KPR,KDS)
C
      IF(I3.EQ.I4)GOTO18
      I5=I5+1
C     ASSIGNATION D'UN BLANC APRES UN TRAFIC
      IW(IM,NOP(IM)+I5,1)=I4-I3
      IW(IM,NOP(IM)+I5,2)=IPT
      IW(IM,NOP(IM)+I5,3)=IPT
      IW(IM,NOP(IM)+I5,4)=IPT
      GOTO18
C
C     ASSIGNATION EN BOUT DE TRAME
   31 IF(W(IM).EQ.WMIN)GOTO12
C     ASSIGNATION D'UN BLANC AVANT UN TRAFIC
      IW(IM,ICP(IM),1)=WMIN-W(IM)
      IW(IM,ICP(IM),2)=IPT
      IW(IM,ICP(IM),3)=IPT
      IW(IM,ICP(IM),4)=IPT
      ICP(IM)=ICP(IM)+1
      W(IM)=WMIN
C     ASSIGNATION DE TRAFIC A UN REPETEUR
   12 IW(IM,ICP(IM),1)=IS(IL)
      IW(IM,ICP(IM),2)=PROV
      IW(IM,ICP(IM),3)=DEST
      IW(IM,ICP(IM),4)=CNC(KPR,KDS)
      ICP(IM)=ICP(IM)+1
      W(IM)=W(IM)+IS(IL)
C
   18 CONTINUE
```

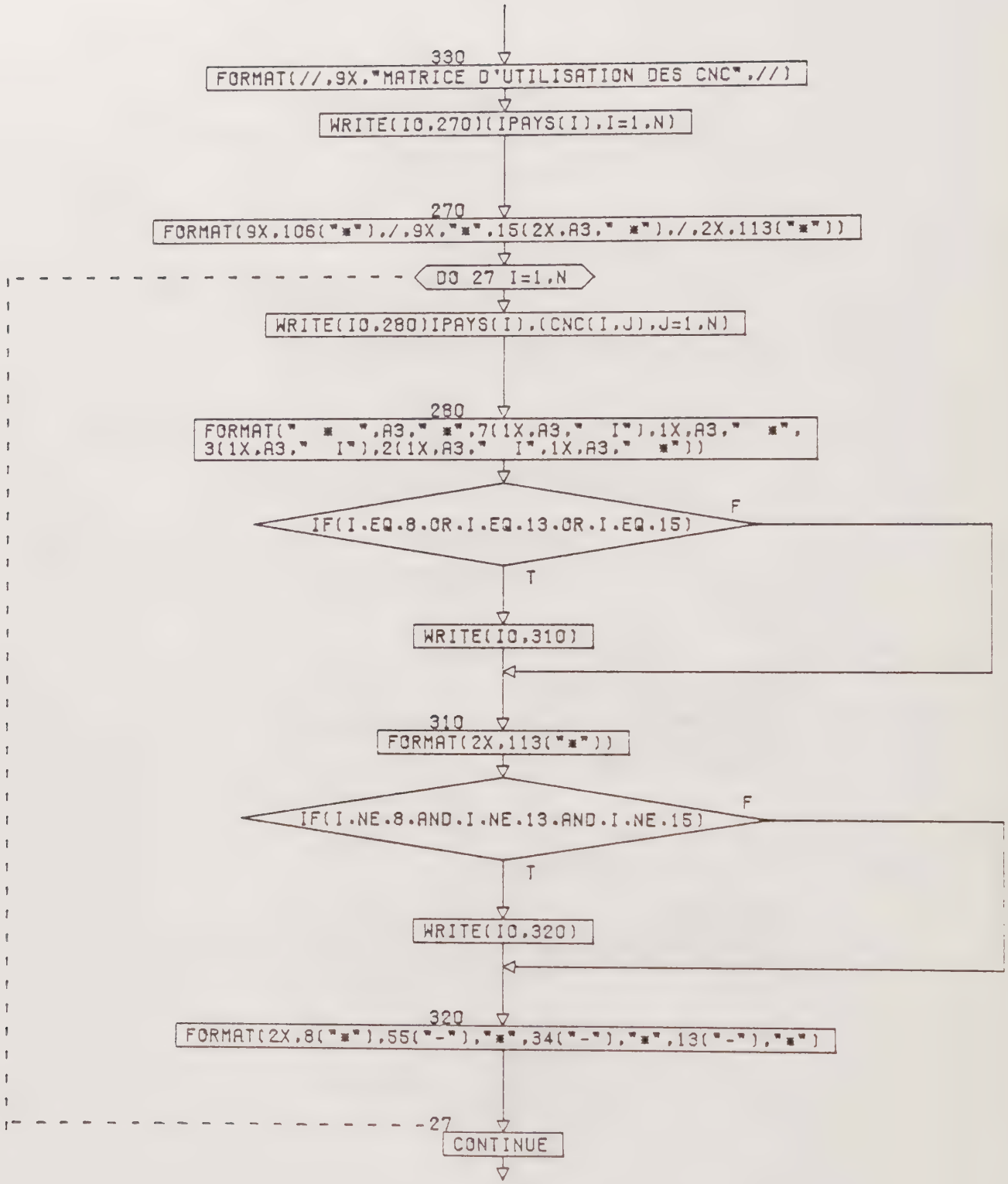
```
7580C
7590        RETURN
7600        END
7610C
7620        SUBROUTINE IDPAYS(NP,DEST,NREP,NDEB,NFIN)
7630        INTEGER DEST
7640        DIMENSION IFN(4),NREP(4)
7650        COMMON/BLOC3/IPAYS(15)
7660        DATA IFN/9,13,15,20/
7670        NREG=3
7680C
7690        DO 9 I=1,NP
7700        IF(DEST.NE.IPAYS(I))GOTO9
7710        IP=I
7720        GOTO10
7730      9 CONTINUE
7740     10 NDEB=1
7750        DO 11 I=1,NREG
7760        IF(IP.GT.IFN(I))GOTO13
7770        IREG=I
7780        GOTO12
7790     13 NDEB=NDEB+NREP(I)
7800     11 CONTINUE
7810     12 NFIN=NDEB+NREP(IREG)-1
7820        RETURN
7830        END
```


C**********PROGRAMME SAT-ECS **********
C ASSIGNATION DE PAQUETS DE TRAFIC
C DANS UNE TRAME DE SATELLITE
C ECRIT PAR E.BRANDT 1980-1981
C**********
INTEGER T,W,TN,OUI,CNC
DIMENSION T(15,15),IT(15,15),LC(15),KC(15),TN(15,15)
COMMON/BLOC1/W(15),NREP(4),IW(15,99,4),ICP(15)
DATA IN,IO,N,NREG,IWFIN/1,6,15,3,99/
COMMON/BLOC3/IPAYS(15)
DATA IPAYS/"BNL","F ","D ","IRL","NRD","CH ","UK ",
"A ","I ","CY ","GR ","TR ","YU ","P ","E "/
COMMON/BLOC2/IFN(4)
DATA IFN/8,13,15,20/
DIMENSION IPCHS(30,6)
COMMON/BLOC4/CNC(15,15)
DATA IPT,OUI,NON/"...","OUI","NON"/
C INITIALISATION DU SEUIL INFERIEUR POUR LES CNC
DO 20 NSEUIL=60,240,20
14
C CALCUL DU NOMBRE DE REPETEURS PAR REGION
A1 14
18
NREPT=0
C LECTURE DE LA MATRICE DE TRAFIC
READ(IN,110)L
110
FORMAT(I1)
C LECTURE DE LA MATRICE DES TRAFICS CNC POTENTIELS
CALL LIRE(T,N,1)
C LECTURE DE LA MATRICE DES TRAFICS NON CNC
READ(2,110)L
CONT. PG 2

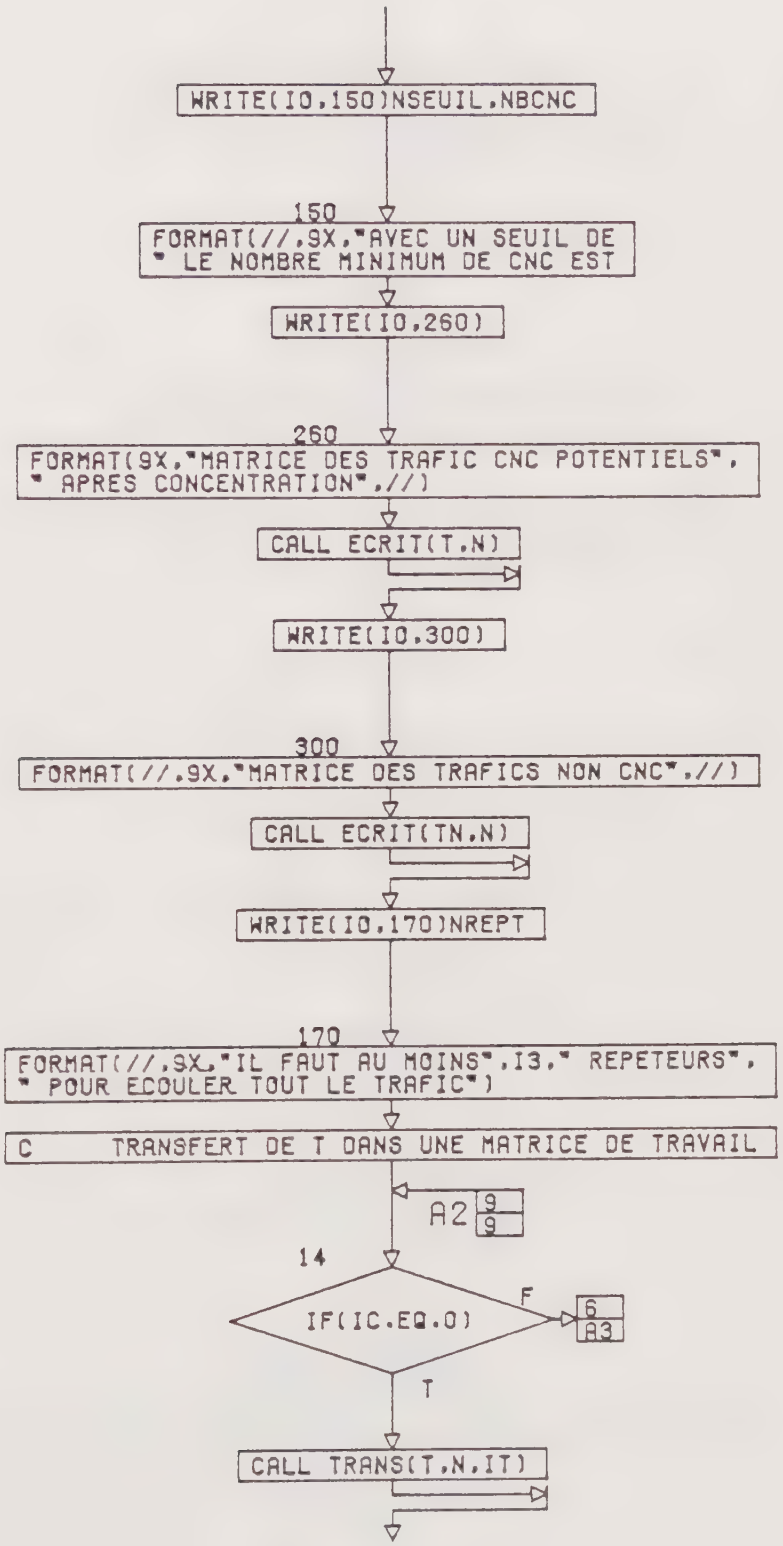

CALL LIRE(TN,N,2)
IND1=0
WRITE(IO,200)
200
FORMAT(//,9X,"MATRICE DES TRAFICS CNC POTENTIELS",//)
CALL ECRIT(T,N)
NR=N
IC=0
PER=1.05
C CALCUL DU NOMBRE DE CNC NECESSAIRES
NBCNC=0
DO 10 IZONE=1,NREG
3
NDEB=1
LONG=0
IF(IZONE.NE.1)
F
T
NDEB=IFN(IZONE-1)+1
NFIN=IFN(IZONE)
DO 12 IPROV=1,15
3
DO 12 IDEST=NDEB,NFIN
3
CNC(IPROV,IDEST)=IPT
CONT. PG 3


IF(T(IPROV,IDEST).NE.0)
F
T
CNC(IPROV,IDEST)=NON
LONG=LONG+T(IPROV,IDEST)+TN(IPROV,IDEST)
IF(T(IPROV,IDEST).LT.NSEUIL)
F
T
GOTO12
CNC(IPROV,IDEST)=OUI
J=T(IPROV,IDEST)/240+1
NBCNC=NBCNC+J
J=(T(IPROV,IDEST)+MOD(T(IPROV,IDEST),2))/2
LONG=LONG-T(IPROV,IDEST)+J
T(IPROV,IDEST)=J
2
12
CONTINUE
LTRAM=1880
NREP(IZONE)=INT(FLOAT(LONG)*PER)/LTRAM+1
NREPT=NREPT+NREP(IZONE)
2
10
CONTINUE
WRITE(IO,330)

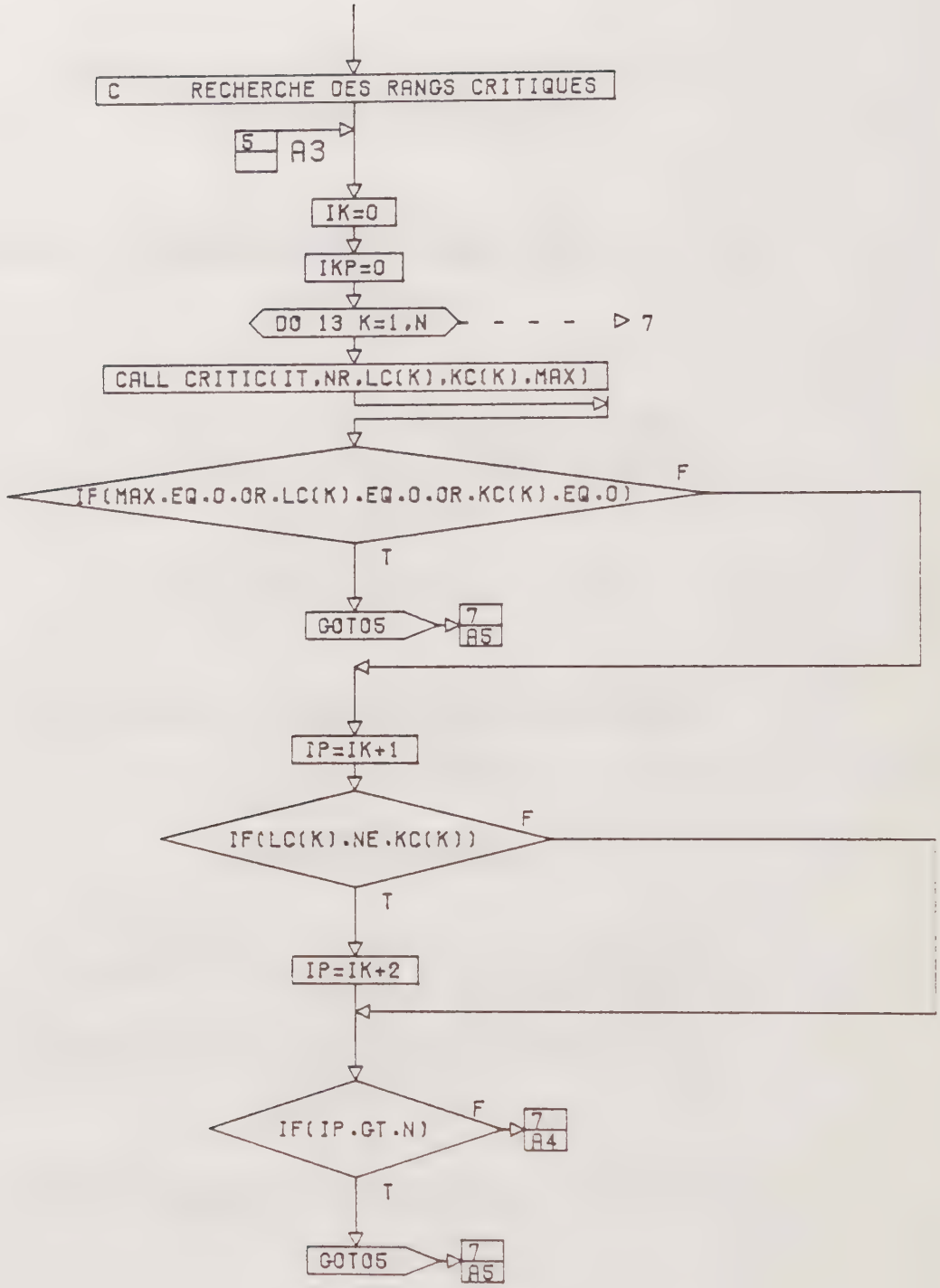
CONT. PG 4


330
FORMAT(//,9X,"MATRICE D'UTILISATION DES CNC",//)
WRITE(IO,270)(IPAYS(I),I=1,N)
270
FORMAT(9X,106("*"),/,9X,"*",15(2X,A3," *"),/,2X,113("*"))
DO 27 I=1,N
WRITE(IO,280)IPAYS(I),(CNC(I,J),J=1,N)
280
FORMAT(" * ",A3," *",7(1X,A3," I"),1X,A3," *",
3(1X,A3," I"),2(1X,A3," I",1X,A3," *"))
IF(I.EQ.8.OR.I.EQ.13.OR.I.EQ.15)
F
T
WRITE(IO,310)
310
FORMAT(2X,113("*"))
IF(I.NE.8.AND.I.NE.13.AND.I.NE.15)
F
T
WRITE(IO,320)
320
FORMAT(2X,8("*"),55("-"),"*",34("-"),"*",13("-"),"*")
27
CONTINUE

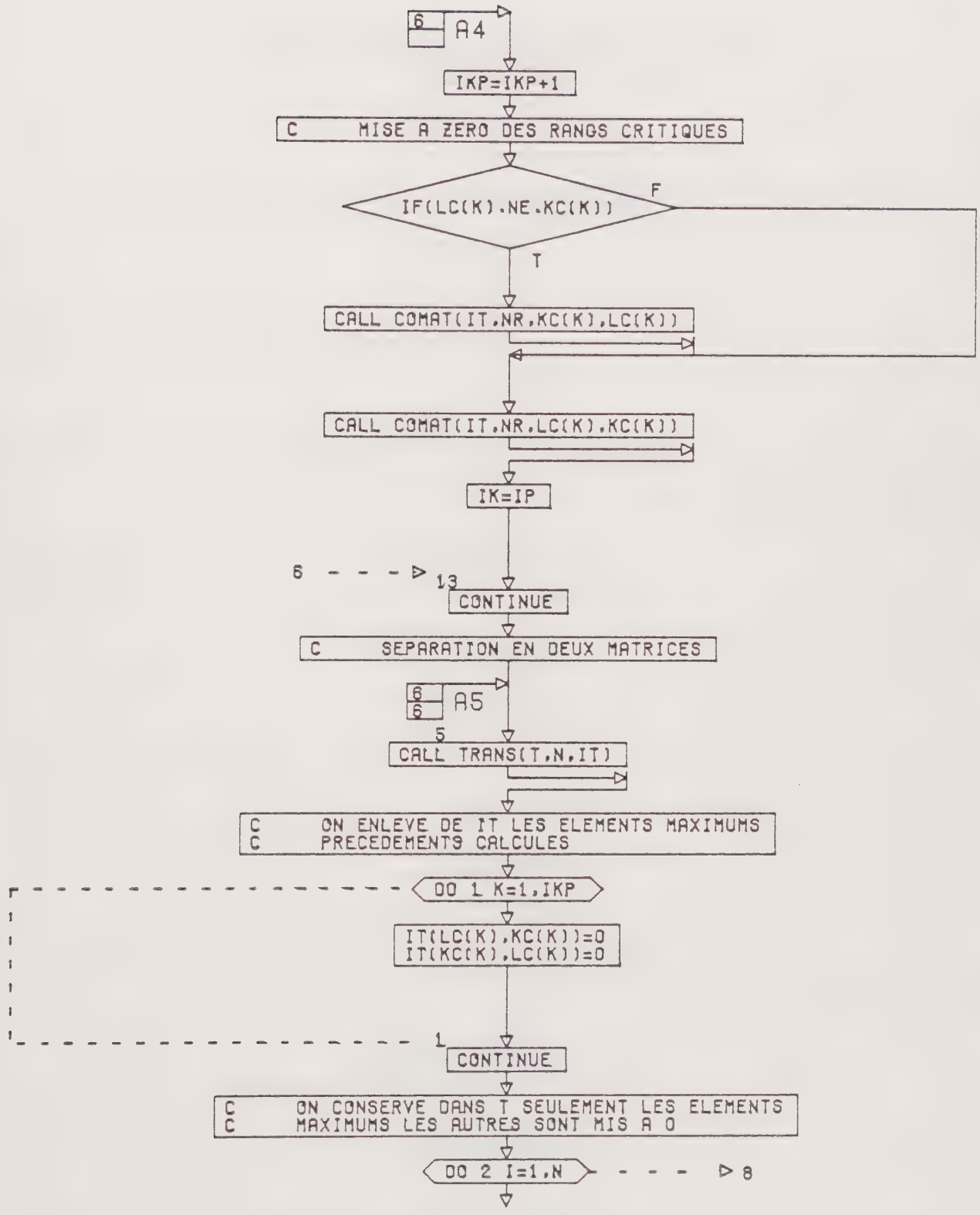
CONT. PG 5


WRITE(IO,150)NSEUIL,NBCNC
150
FORMAT(//,9X,"AVEC UN SEUIL DE
" LE NOMBRE MINIMUM DE CNC EST
WRITE(IO,260)
260
FORMAT(9X,"MATRICE DES TRAFIC CNC POTENTIELS",
" APRES CONCENTRATION",//)
CALL ECRIT(T,N)
WRITE(IO,300)
300
FORMAT(//,9X,"MATRICE DES TRAFICS NON CNC",//)
CALL ECRIT(TN,N)
WRITE(IO,170)NREPT
170
FORMAT(//,9X,"IL FAUT AU MOINS",I3," REPETEURS",
" POUR ECOULER TOUT LE TRAFIC")
C TRANSFERT DE T DANS UNE MATRICE DE TRAVAIL
A2
9
9
14
IF(IC.EQ.0)
F
6
A3
T
CALL TRANS(T,N,IT)

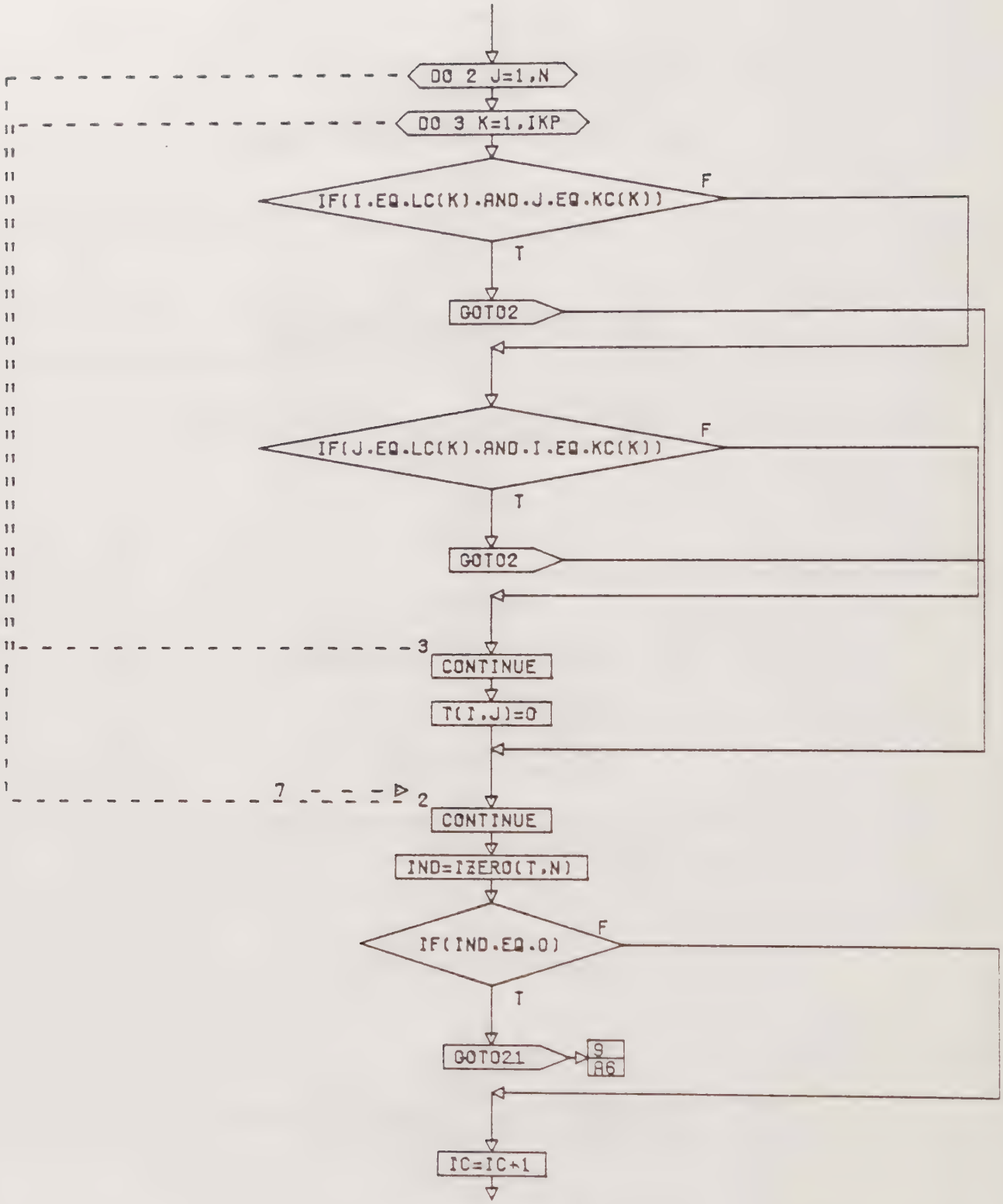
CONT. PG 6


C RECHERCHE DES RANGS CRITIQUES
5 A3
IK=0
IKP=0
DO 13 K=1,N
▷ 7
CALL CRITIC(IT,NR,LC(K),KC(K),MAX)
IF(MAX.EQ.0.OR.LC(K).EQ.0.OR.KC(K).EQ.0)
F
T
GOTO5
7 A5
IP=IK+1
IF(LC(K).NE.KC(K))
F
T
IP=IK+2
IF(IP.GT.N)
F
7 A4
T
GOTO5
7 A5

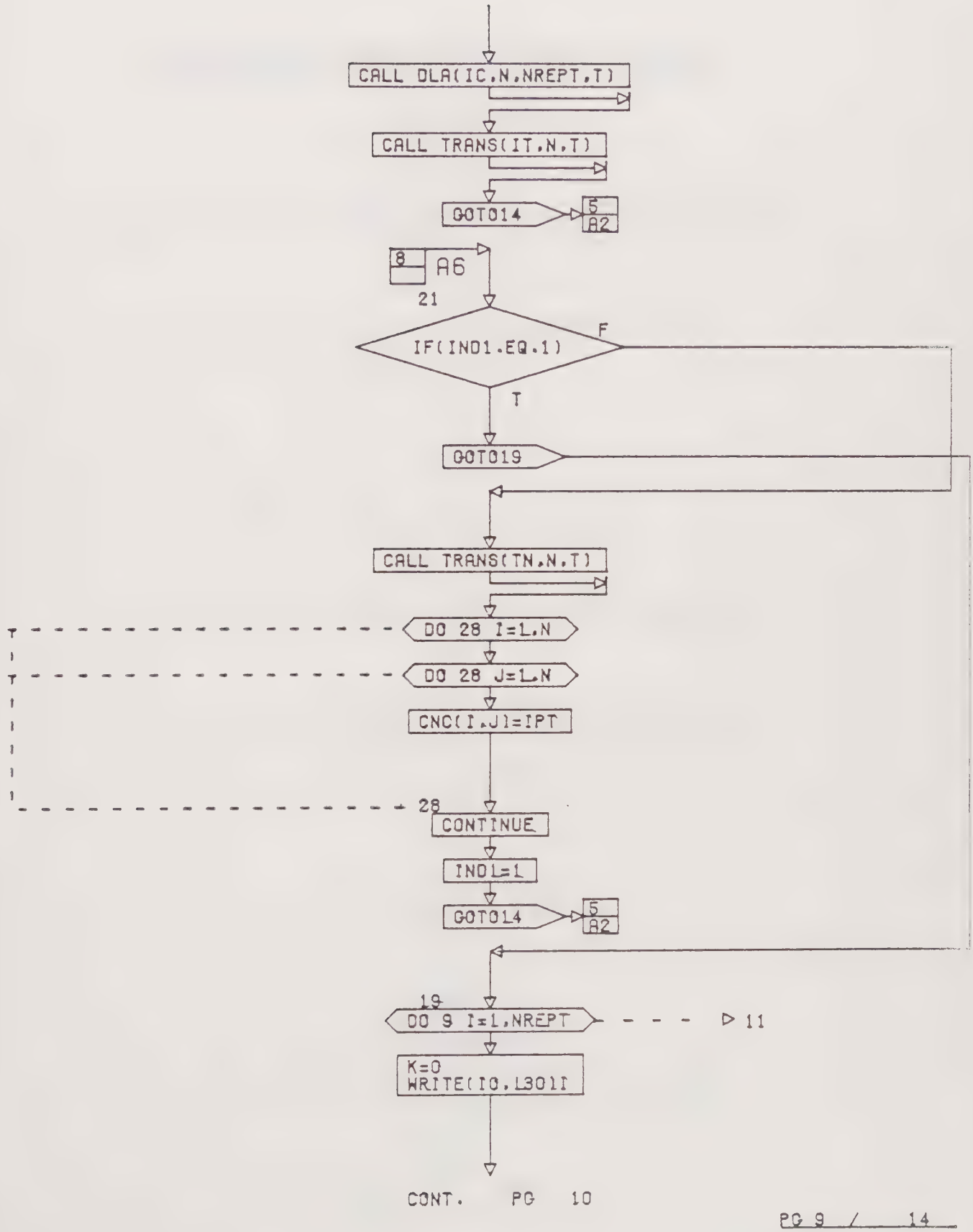
CONT. PG 7

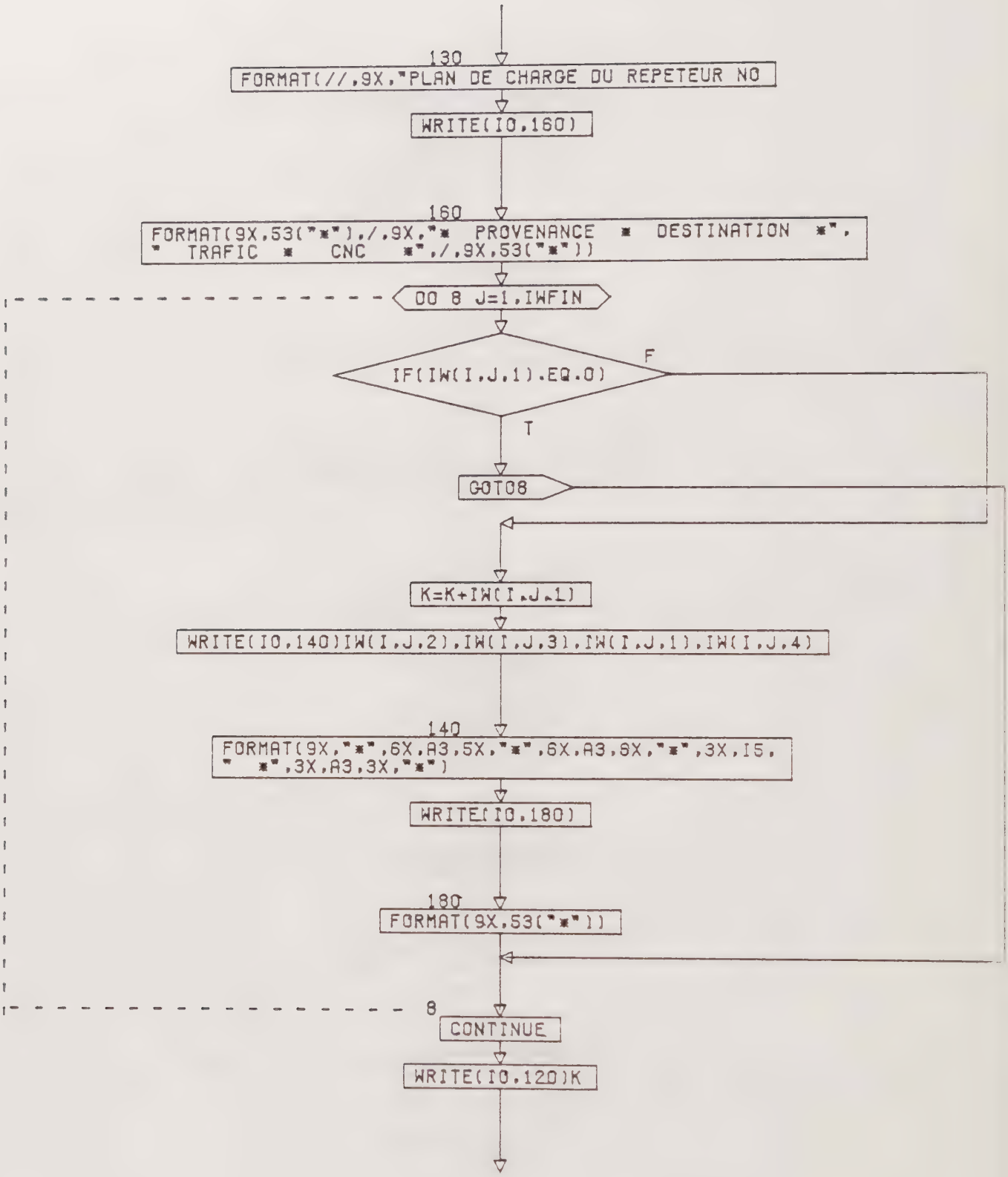

6
A4
IKP=IKP+1
C MISE A ZERO DES RANGS CRITIQUES
IF(LC(K).NE.KC(K))
F
T
CALL COMAT(IT,NR,KC(K),LC(K))
CALL COMAT(IT,NR,LC(K),KC(K))
IK=IP
6 - - - - ▷ 13
CONTINUE
C SEPARATION EN DEUX MATRICES
6
6
A5
5
CALL TRANS(T,N,IT)
C ON ENLEVE DE IT LES ELEMENTS MAXIMUMS
C PRECEDEMENTS CALCULES
DO 1 K=1,IKP
IT(LC(K),KC(K))=0
IT(KC(K),LC(K))=0
1
CONTINUE
C ON CONSERVE DANS T SEULEMENT LES ELEMENTS
C MAXIMUMS LES AUTRES SONT MIS A 0
DO 2 I=1,N
- - - ▷ 8

CONT. PG 8

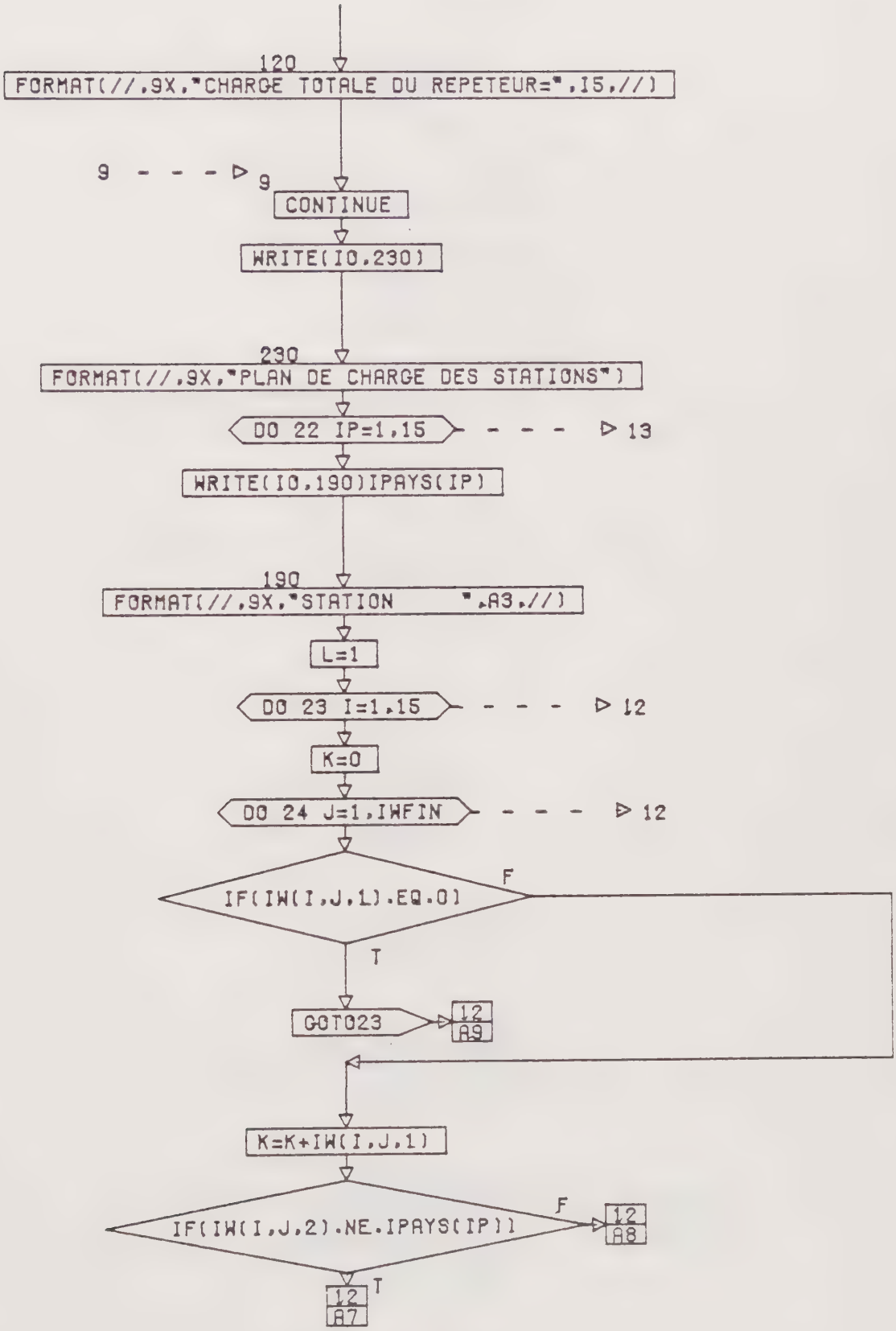

DO 2 J=1,N
DO 3 K=1,IKP
IF(I.EQ.LC(K).AND.J.EQ.KC(K))
F
T
GOTO2
IF(J.EQ.LC(K).AND.I.EQ.KC(K))
F
T
GOTO2
3
CONTINUE
T(I,J)=0
7
2
CONTINUE
IND=IZERO(T,N)
IF(IND.EQ.0)
F
T
GOTO21
9
86
IC=IC+1

CONT. PG 9

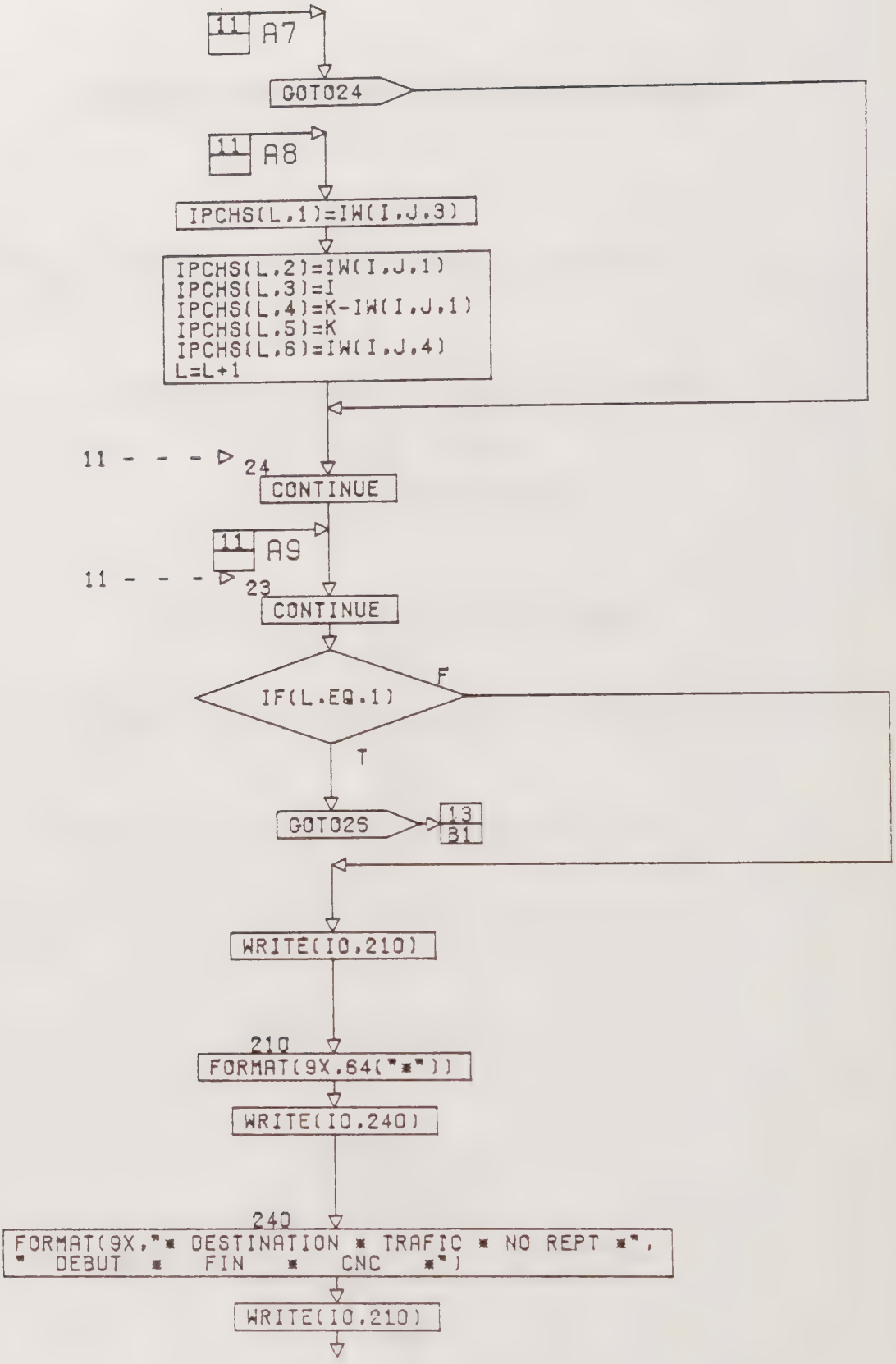

CALL DLA(IC,N,NREPT,T)
CALL TRANS(IT,N,T)
GOTO14
5
A2
8
A6
21
IF(IND1.EQ.1)
F
T
GOTO19
CALL TRANS(TN,N,T)
DO 28 I=L,N
DO 28 J=L,N
CNC(I,J)=IPT
28
CONTINUE
IND1=1
GOTO14
5
A2
19
DO 9 I=1,NREPT
11
K=0
WRITE(10,1301)
CONT. PG 10


130
FORMAT(//,9X,"PLAN DE CHARGE DU REPETEUR NO
WRITE(IO,160)
160
FORMAT(9X,53("*"),/,9X,"* PROVENANCE * DESTINATION *",
" TRAFIC * CNC *",/,9X,53("*"))
DO 8 J=1,IWFIN
IF(IW(I,J,1).EQ.0)
F
T
GOTO8
K=K+IW(I,J,1)
WRITE(IO,140)IW(I,J,2),IW(I,J,3),IW(I,J,1),IW(I,J,4)
140
FORMAT(9X,"*",6X,A3,5X,"*",6X,A3,6X,"*",3X,I5,
" *",3X,A3,3X,"*")
WRITE(IO,180)
180
FORMAT(9X,53("*"))
8
CONTINUE
WRITE(IO,120)K

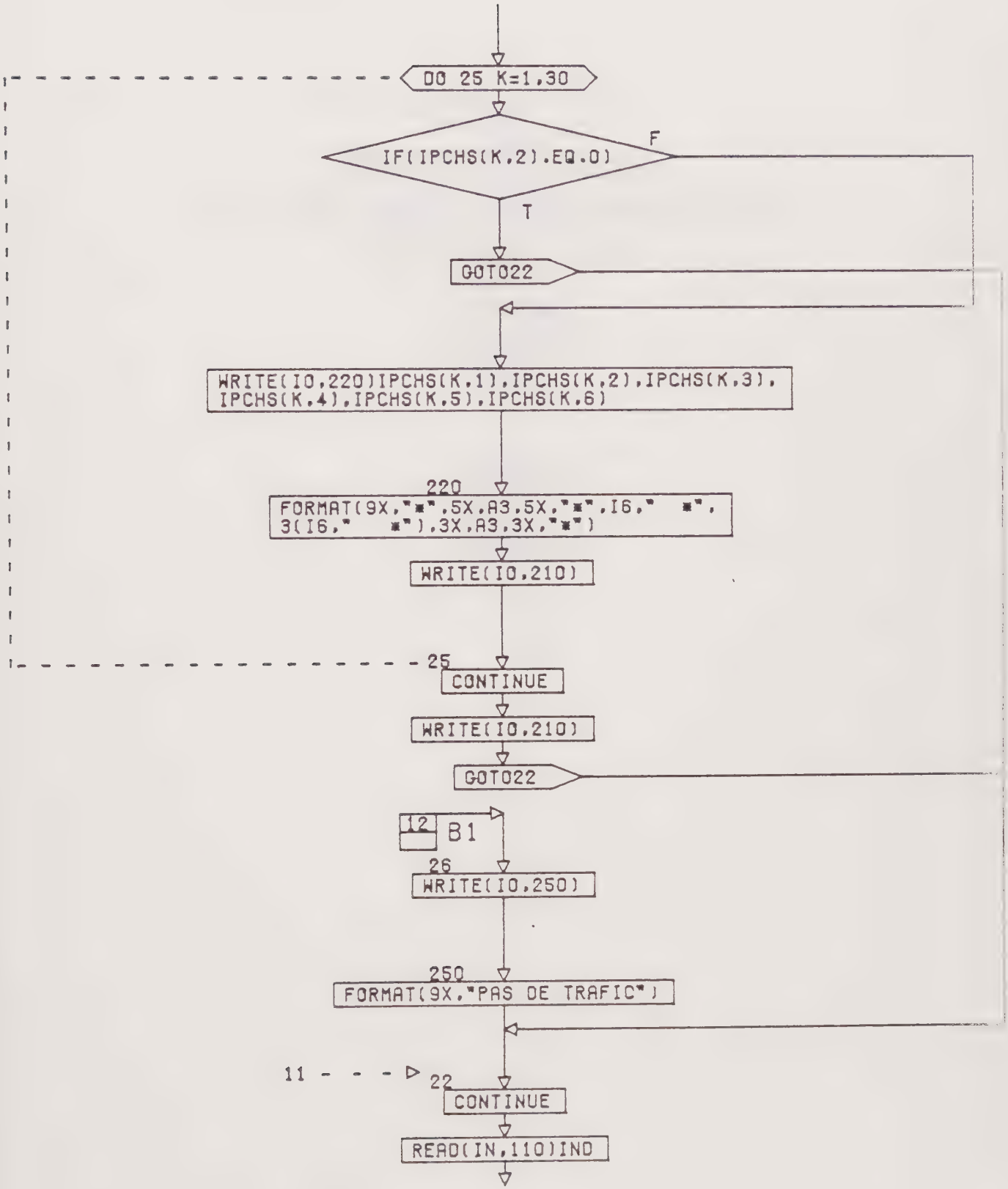
CONT. PG 11


120
FORMAT(//,9X,"CHARGE TOTALE DU REPETEUR=",I5,//)
9 - - - ▷ 9
CONTINUE
WRITE(IO,230)
230
FORMAT(//,9X,"PLAN DE CHARGE DES STATIONS")
DO 22 IP=1,15 - - - ▷ 13
WRITE(IO,190)IPAYS(IP)
190
FORMAT(//,9X,"STATION ",A3,//)
L=1
DO 23 I=1,15 - - - ▷ 12
K=0
DO 24 J=1,IWFIN - - - ▷ 12
IF(IW(I,J,L).EQ.0)
F
T
GOTO23
12
A9
K=K+IW(I,J,1)
IF(IW(I,J,2).NE.IPAYS(IP))
F
12
A8
T
12
A7

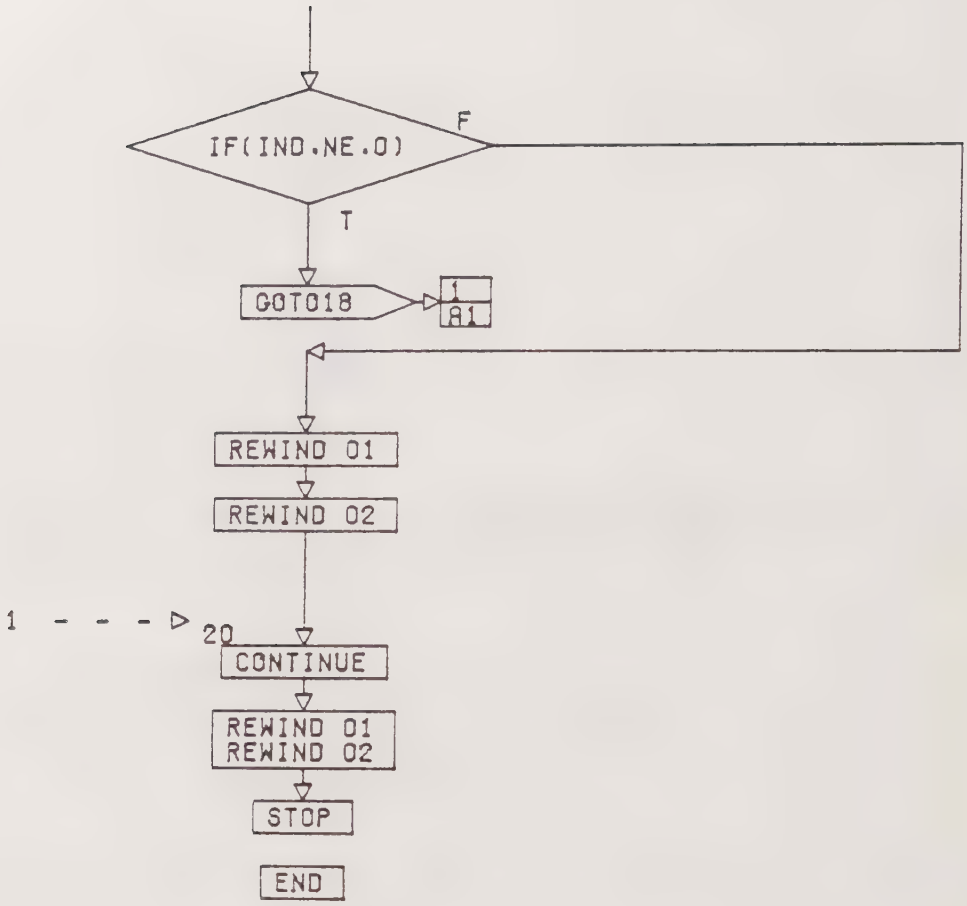
CONT. PG 12

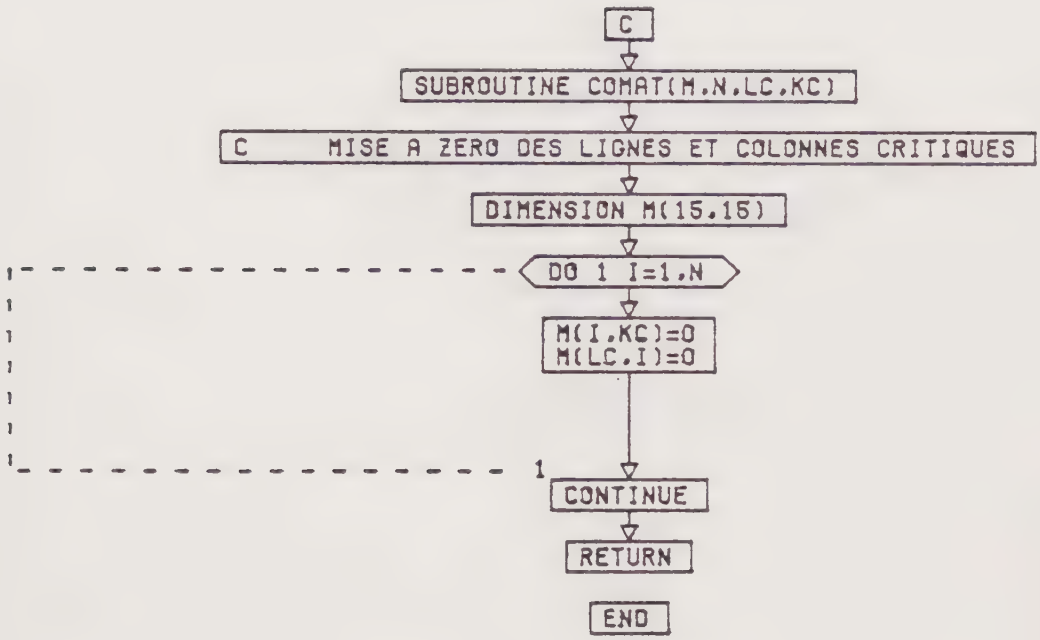

11 A7
GOTO24
11 A8
IPCHS(L,1)=IW(I,J,3)
IPCHS(L,2)=IW(I,J,1)
IPCHS(L,3)=I
IPCHS(L,4)=K-IW(I,J,1)
IPCHS(L,5)=K
IPCHS(L,6)=IW(I,J,4)
L=L+1
11 - - - ▷ 24
CONTINUE
11 A9
11 - - - ▷ 23
CONTINUE
IF(L.EQ.1)
F
T
GOTO25
13
B1
WRITE(IO,210)
210
FORMAT(9X,64("*"))
WRITE(IO,240)
240
FORMAT(9X,"* DESTINATION * TRAFIC * NO REPT *",
" DEBUT * FIN * CNC *")
WRITE(IO,210)

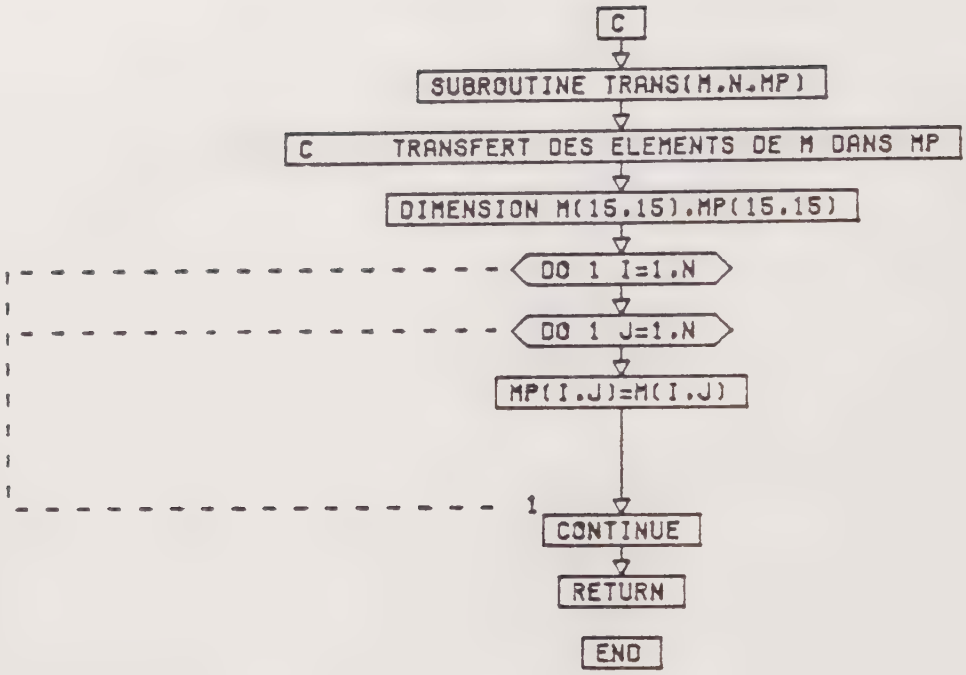
CONT. PG 13


DO 25 K=1,30
IF(IPCHS(K,2).EQ.0)
F
T
GOTO22
WRITE(IO,220)IPCHS(K,1),IPCHS(K,2),IPCHS(K,3),
IPCHS(K,4),IPCHS(K,5),IPCHS(K,6)
220
FORMAT(9X,"*",5X,A3,5X,"*",I6," *",
3(I6," *"),3X,A3,3X,"*")
WRITE(IO,210)
25
CONTINUE
WRITE(IO,210)
GOTO22
12
B1
26
WRITE(IO,250)
250
FORMAT(9X,"PAS DE TRAFIC")
11
22
CONTINUE
READ(IN,110)IND

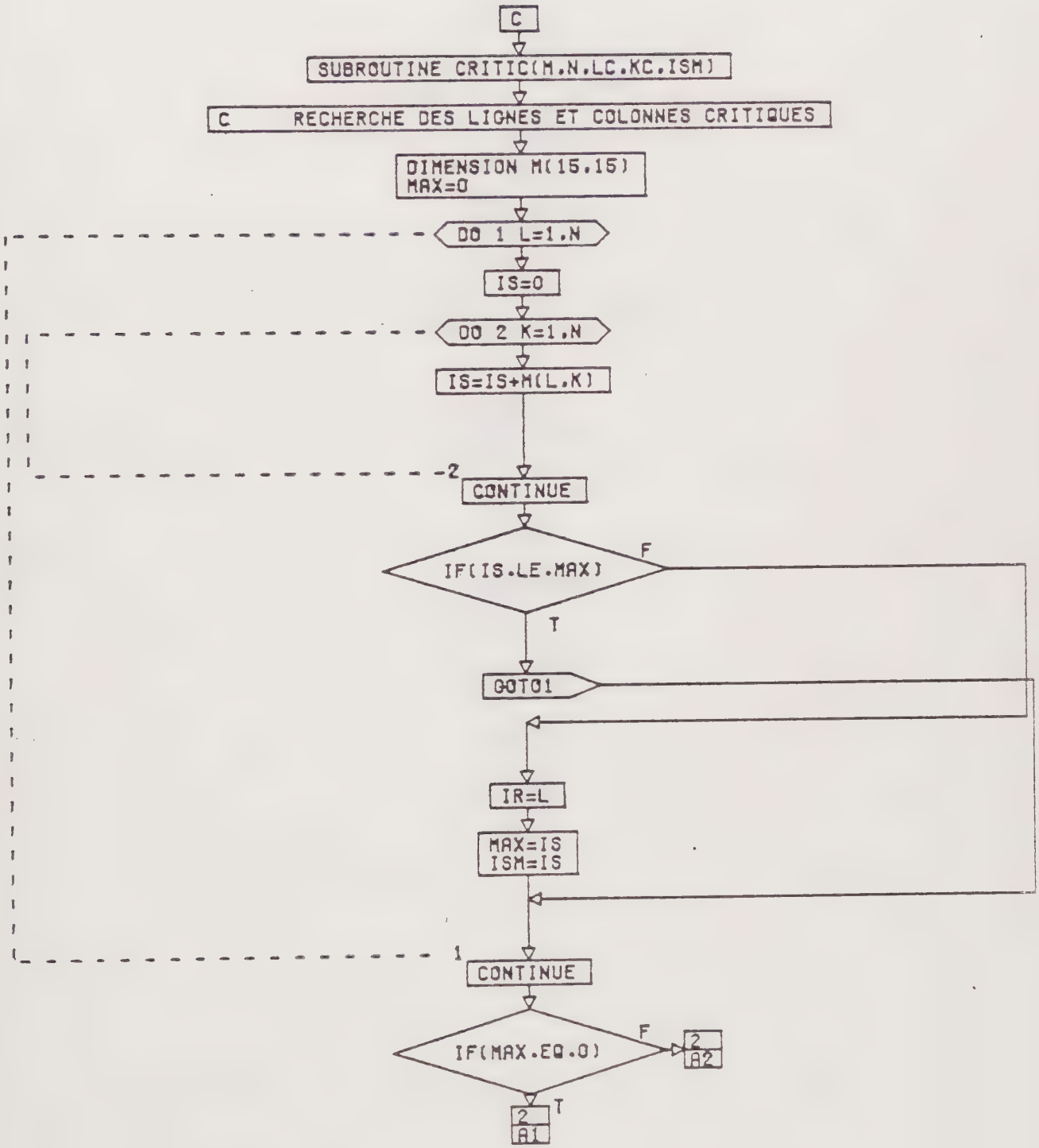
CONT. PG 14


IF(IND.NE.0)
F
T
GOTO18
1
A1
REWIND 01
REWIND 02
1 - - - ▷
20
CONTINUE
REWIND 01
REWIND 02
STOP
END

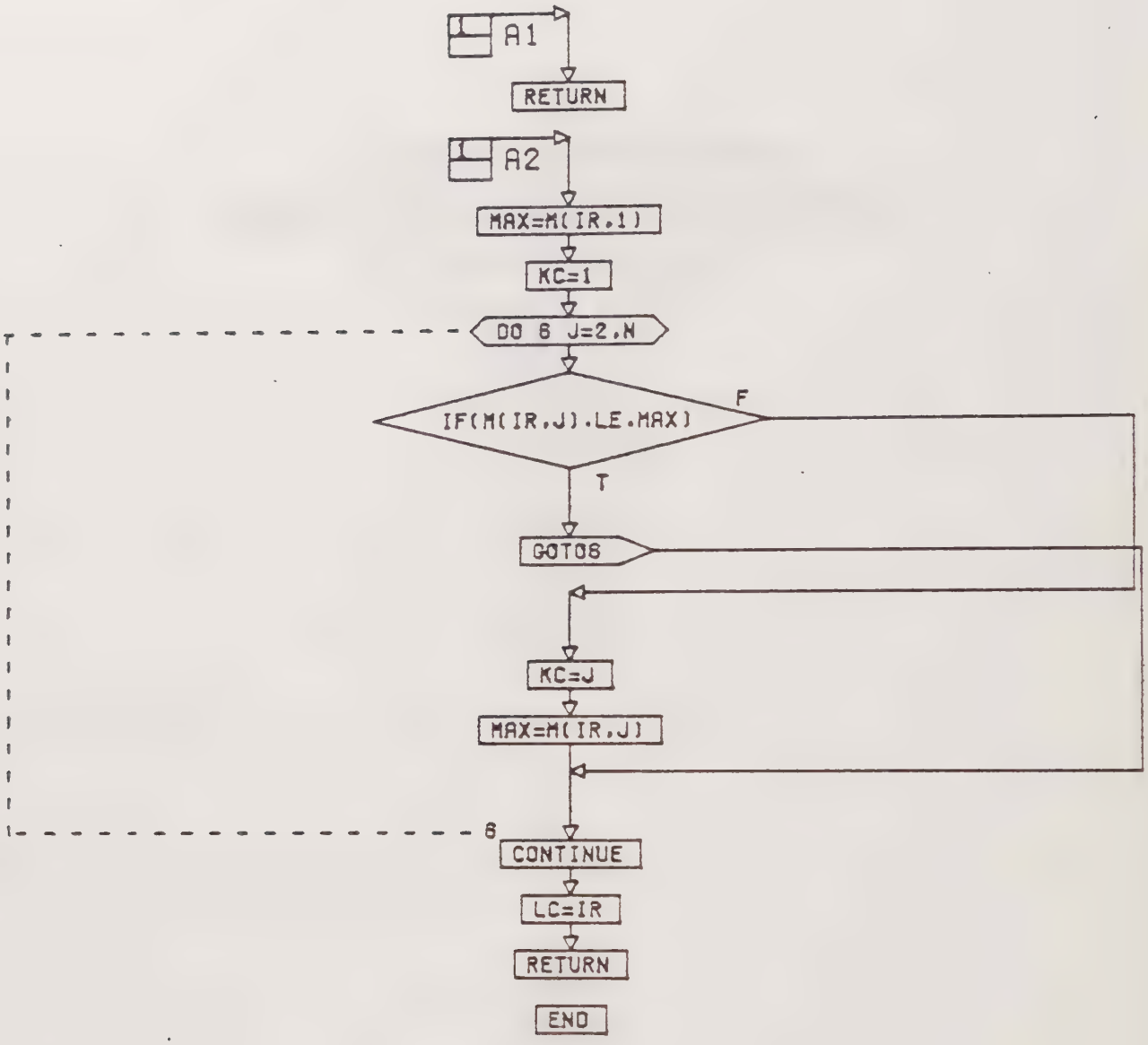

C
SUBROUTINE COMAT(M,N,LC,KC)
C MISE A ZERO DES LIGNES ET COLONNES CRITIQUES
DIMENSION M(15,15)
DO 1 I=1,N
M(I,KC)=0
M(LC,I)=0
1
CONTINUE
RETURN
END

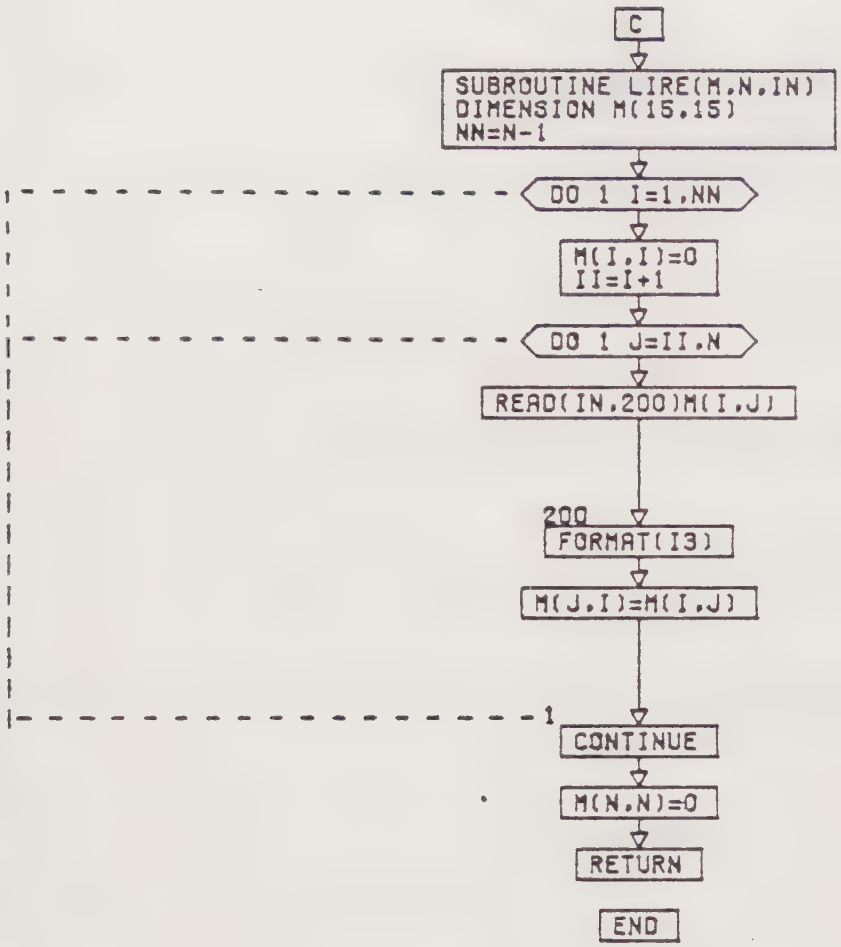

C
SUBROUTINE TRANS(M,N,MP)
C TRANSFERT DES ELEMENTS DE M DANS MP
DIMENSION M(15,15),MP(15,15)
DO 1 I=1,N
DO 1 J=1,N
MP(I,J)=M(I,J)
1 CONTINUE
RETURN
END

PG 1 FINAL

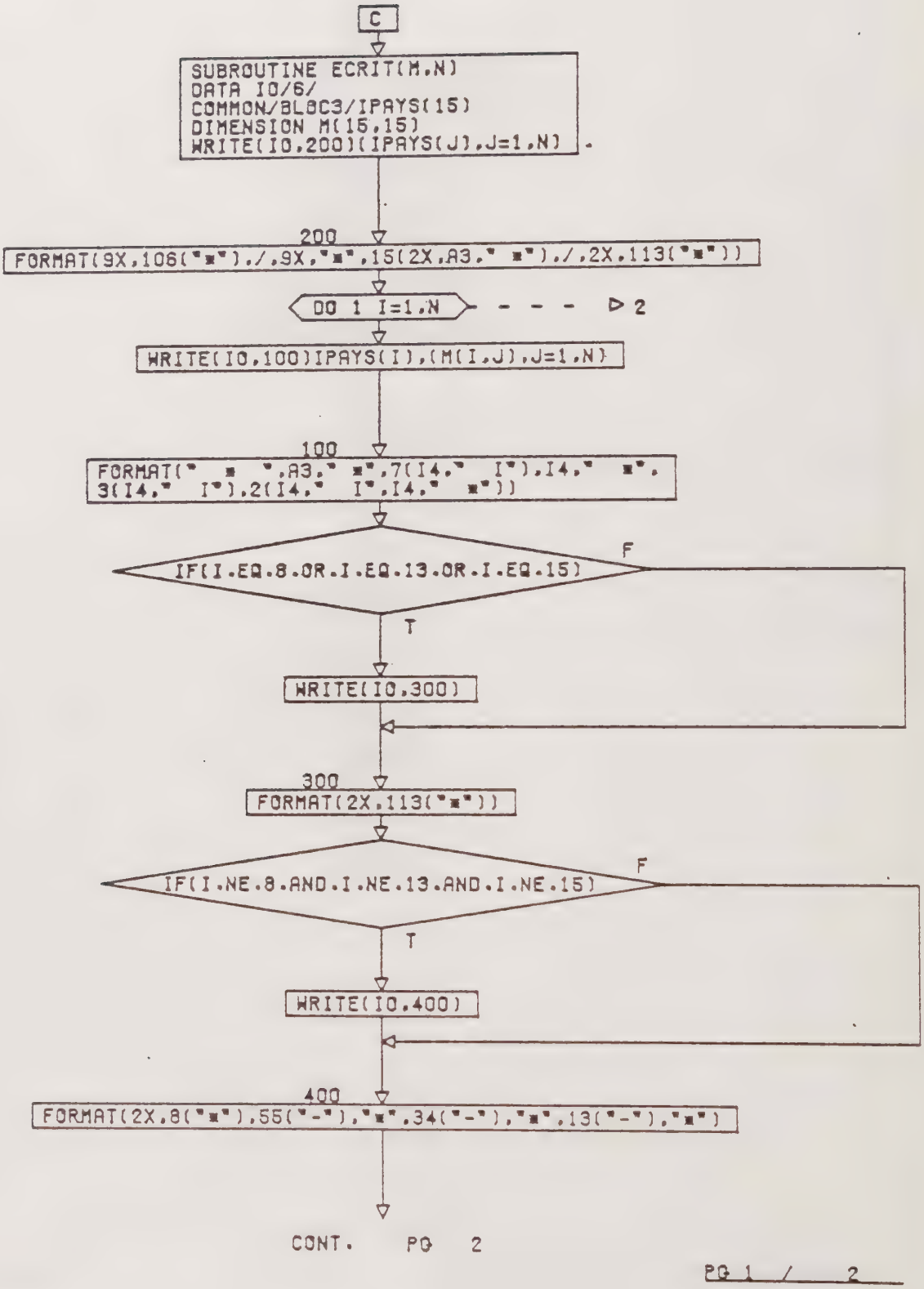

C
SUBROUTINE CRITIC(M,N,LC,KC,ISM)
C RECHERCHE DES LIGNES ET COLONNES CRITIQUES
DIMENSION M(15,15)
MAX=0
DO 1 L=1,N
IS=0
DO 2 K=1,N
IS=IS+M(L,K)
2 CONTINUE
IF(IS.LE.MAX)
F
T
GOTO1
IR=L
MAX=IS
ISM=IS
1 CONTINUE
IF(MAX.EQ.0)
F
2
A2
T
2
A1

CONT. PG 2

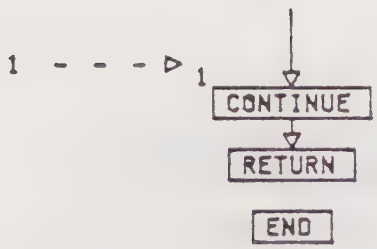

A1
RETURN
A2
MAX=M(IR,1)
KC=1
DO 6 J=2,N
IF(M(IR,J).LE.MAX)
F
T
GOTO6
KC=J
MAX=M(IR,J)
6
CONTINUE
LC=IR
RETURN
END

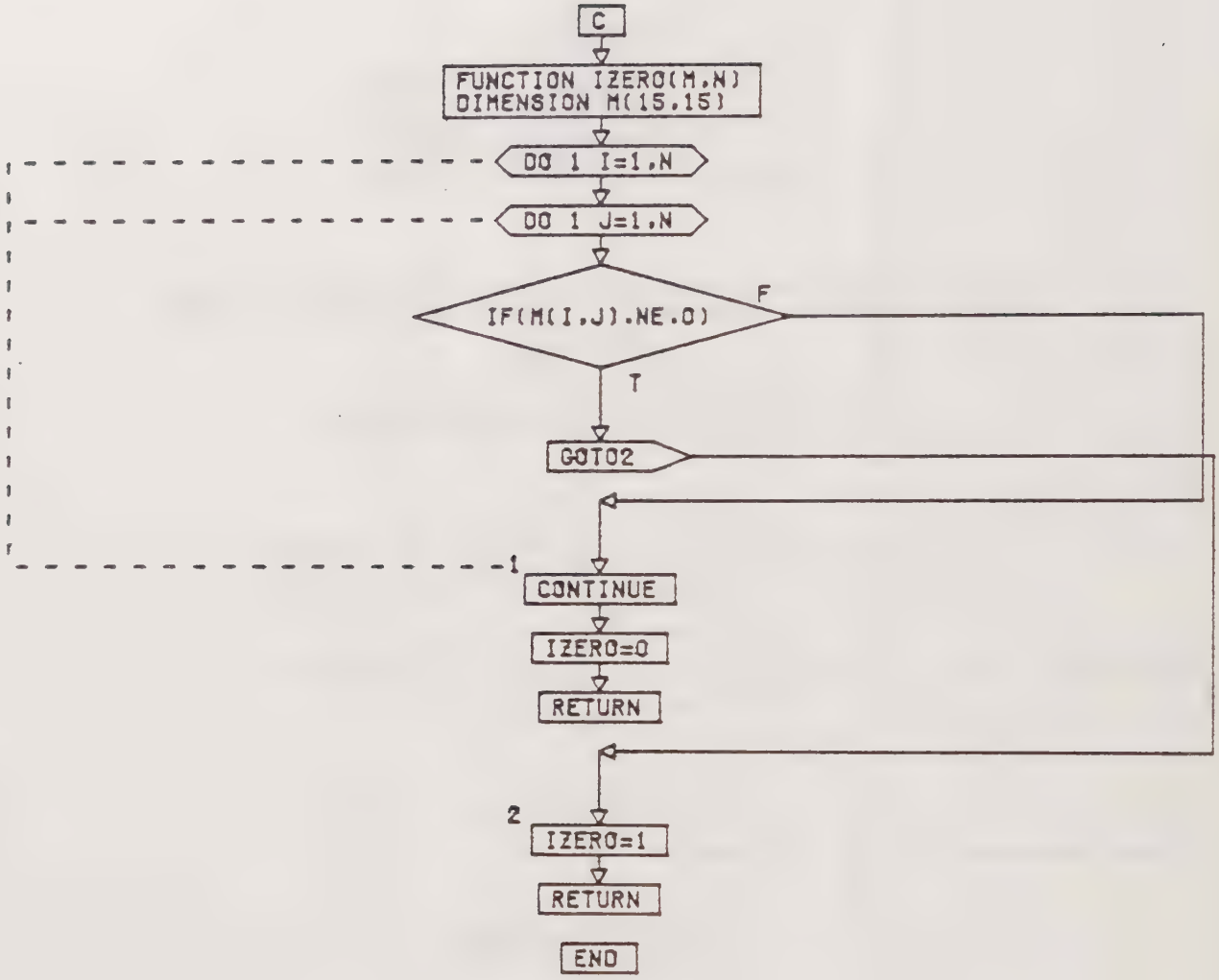

C
SUBROUTINE LIRE(M,N,IN)
DIMENSION M(15,15)
NN=N-1
DO 1 I=1,NN
M(I,I)=0
II=I+1
DO 1 J=II,N
READ(IN,200)M(I,J)
200
FORMAT(I3)
M(J,I)=M(I,J)
1
CONTINUE
M(N,N)=0
RETURN
END

PG 1 FINAL

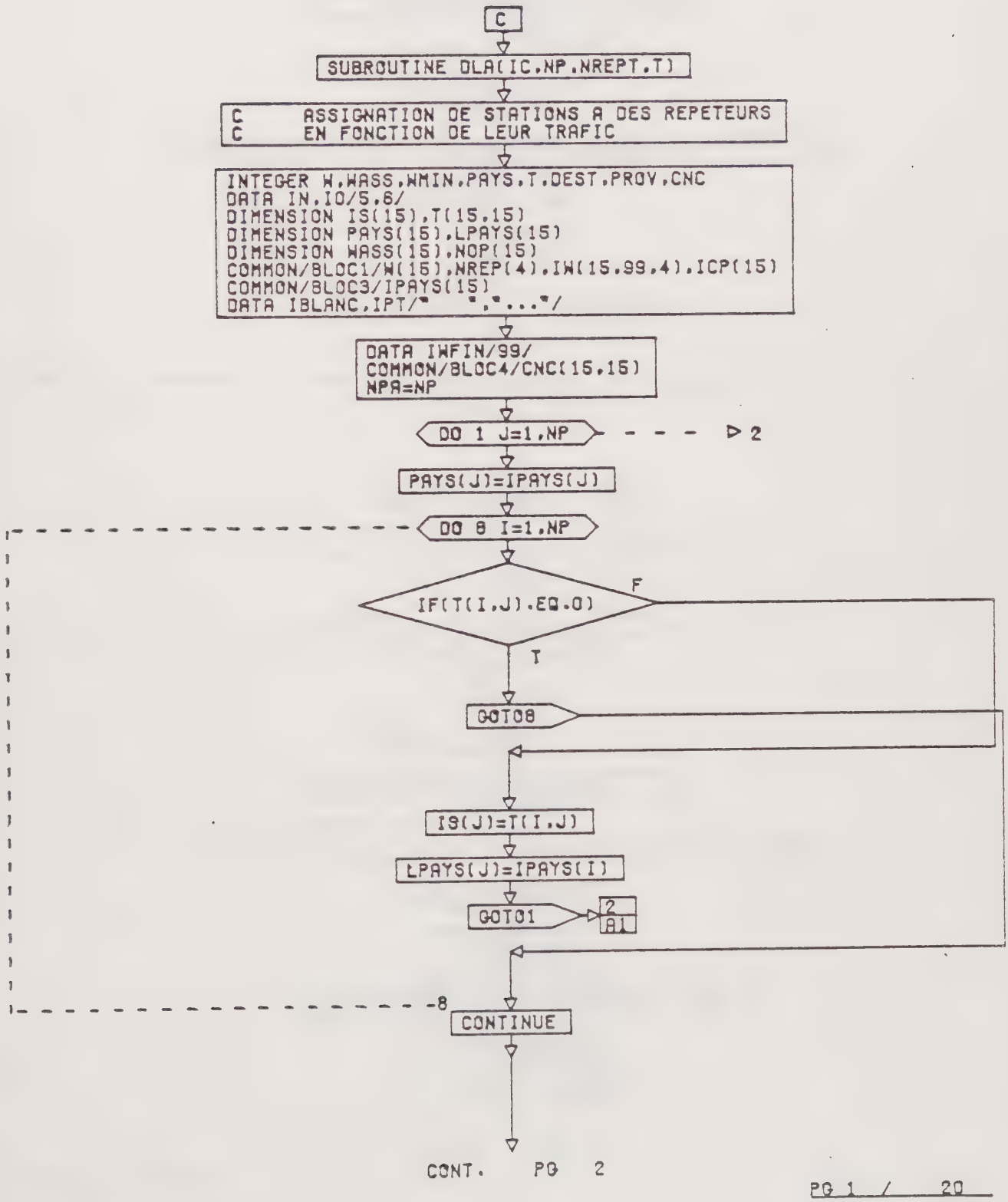

C
SUBROUTINE ECRIT(M,N)
DATA IO/6/
COMMON/BLOC3/IPAYS(15)
DIMENSION M(15,15)
WRITE(IO,200)(IPAYS(J),J=1,N)
200
FORMAT(9X,106("*"),/,9X,"*",15(2X,A3," *"),/,2X,113("*"))
DO 1 I=1,N
2
WRITE(IO,100)IPAYS(I),(M(I,J),J=1,N)
100
FORMAT(" * ",A3," *",7(I4," I"),I4," *",
3(I4," I"),2(I4," I",I4," *"))
IF(I.EQ.8.OR.I.EQ.13.OR.I.EQ.15)
F
T
WRITE(IO,300)
300
FORMAT(2X,113("*"))
IF(I.NE.8.AND.I.NE.13.AND.I.NE.15)
F
T
WRITE(IO,400)
400
FORMAT(2X,8("*"),55("-"),"*",34("-"),"*",13("-"),"*")

CONT. PG 2

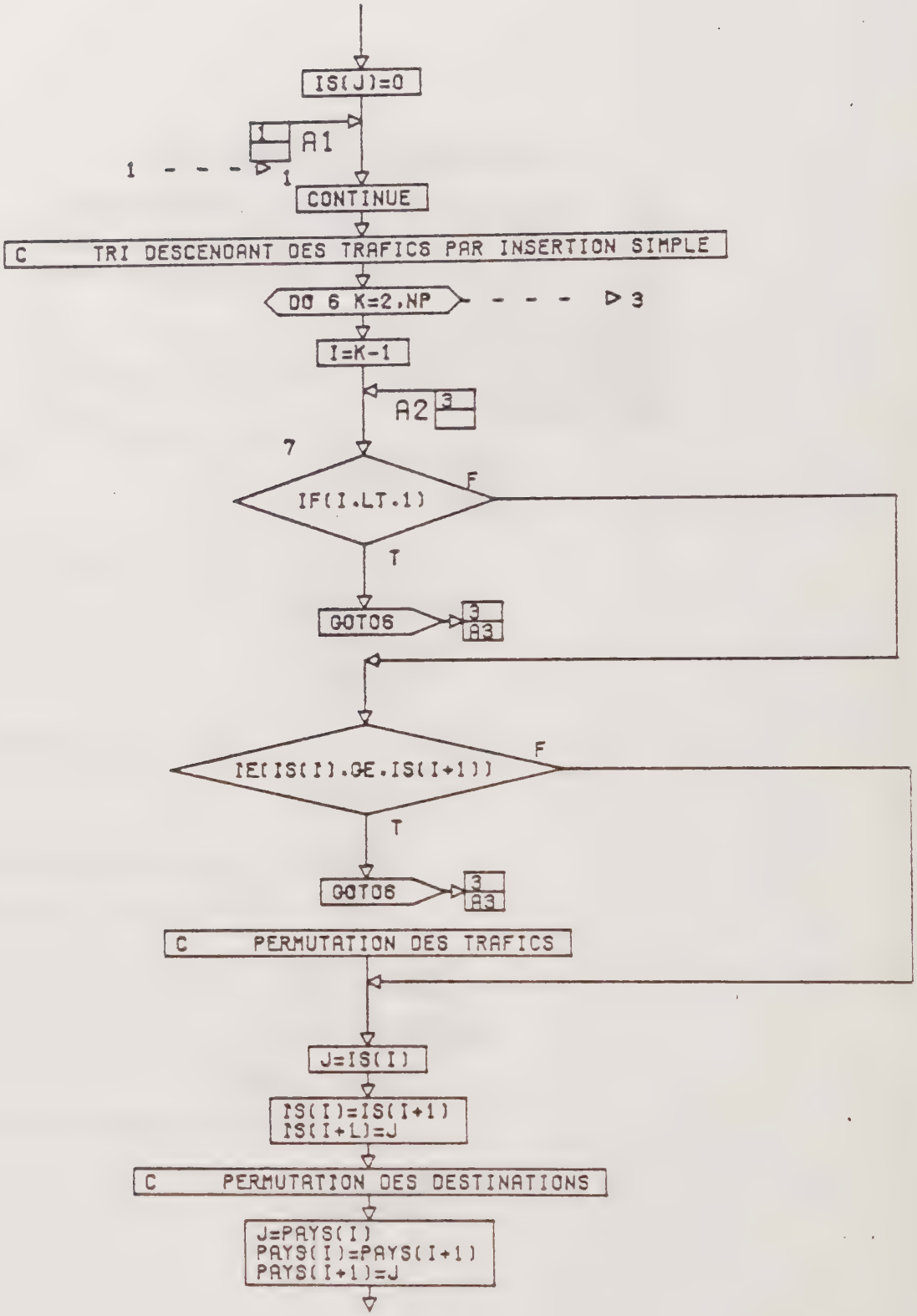

1
1
CONTINUE
RETURN
END


C
FUNCTION IZERO(M,N)
DIMENSION M(15,15)
DO 1 I=1,N
DO 1 J=1,N
IF(M(I,J).NE.0)
F
T
GOTO2
1
CONTINUE
IZERO=0
RETURN
2
IZERO=1
RETURN
END

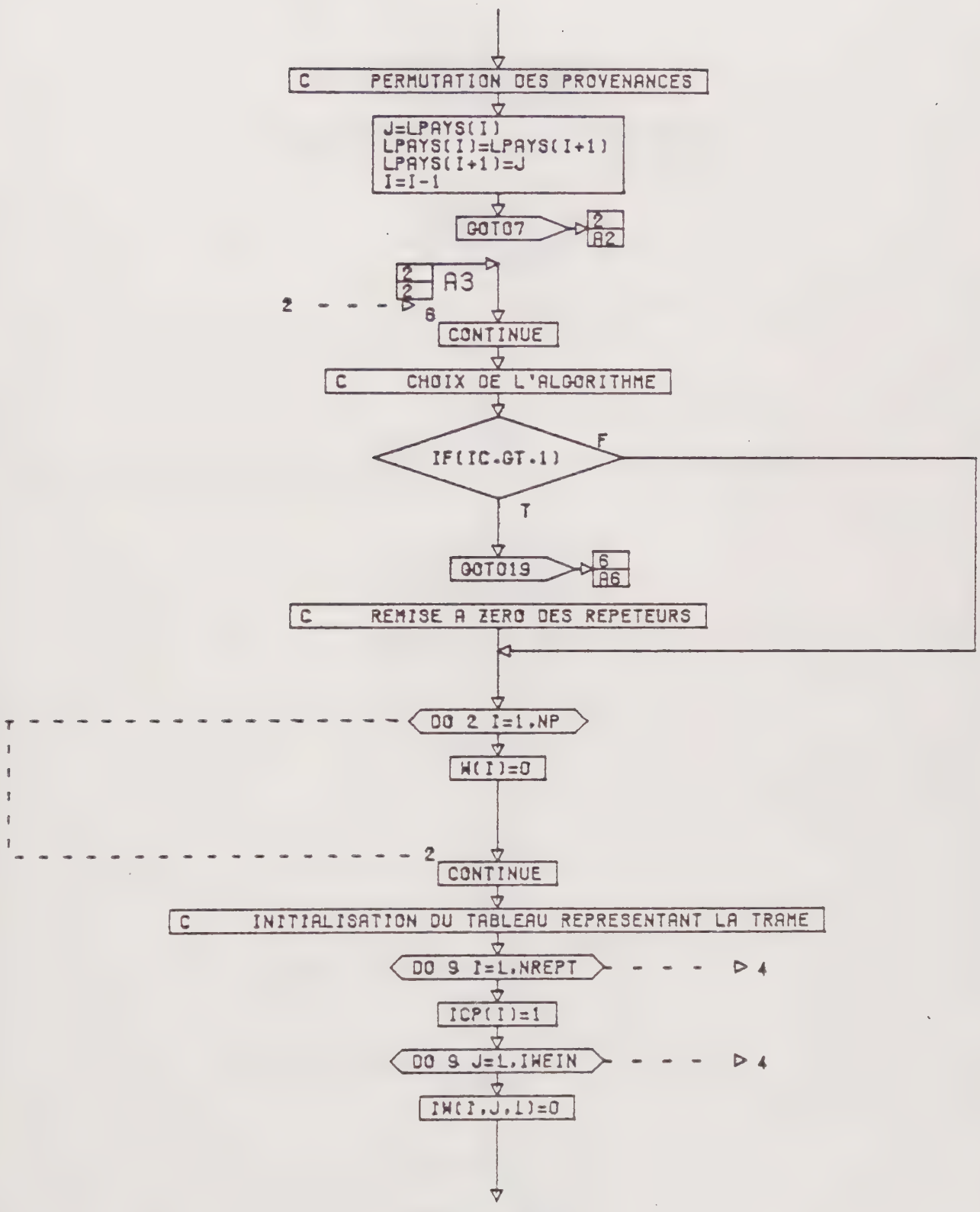
PG 1 FINAL

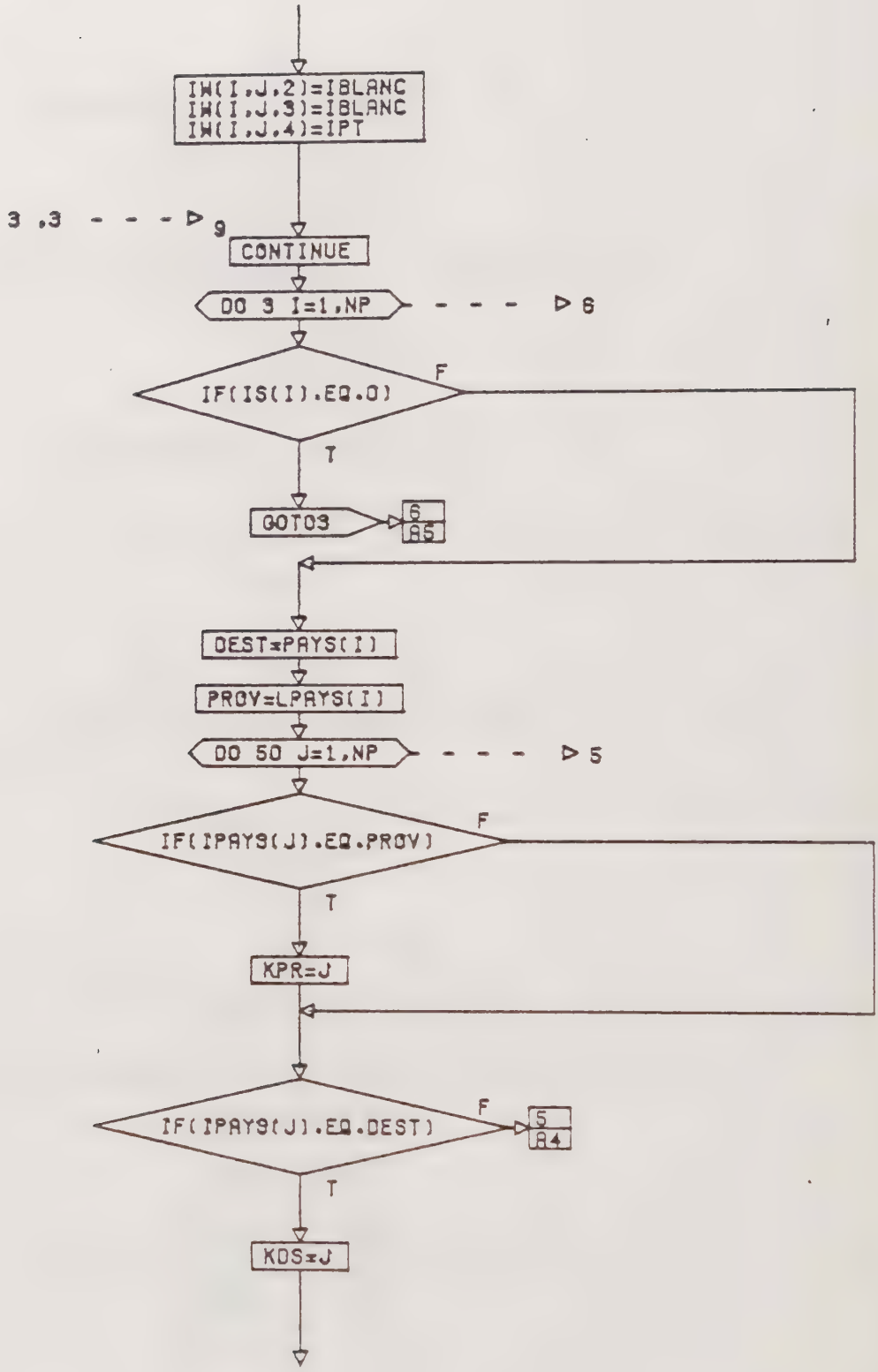

C
SUBROUTINE OLA(IC,NP,NREPT,T)
C ASSIGNATION DE STATIONS A DES REPETEURS
C EN FONCTION DE LEUR TRAFIC
INTEGER W,WASS,WMIN,PAYS,T,DEST,PROV,CNC
DATA IN,IO/5,6/
DIMENSION IS(15),T(15,15)
DIMENSION PAYS(15),LPAYS(15)
DIMENSION WASS(15),NOP(15)
COMMON/BLOC1/W(15),NREP(4),IW(15,99,4),ICP(15)
COMMON/BLOC3/IPAYS(15)
DATA IBLANC,IPT/" ","..."/
DATA IWFIN/99/
COMMON/BLOC4/CNC(15,15)
NPA=NP
DO 1 J=1,NP
2
PAYS(J)=IPAYS(J)
DO 8 I=1,NP
IF(T(I,J).EQ.0)
F
T
GOTO8
IS(J)=T(I,J)
LPAYS(J)=IPAYS(I)
GOTO1
2
A1
8
CONTINUE

CONT. PG 2

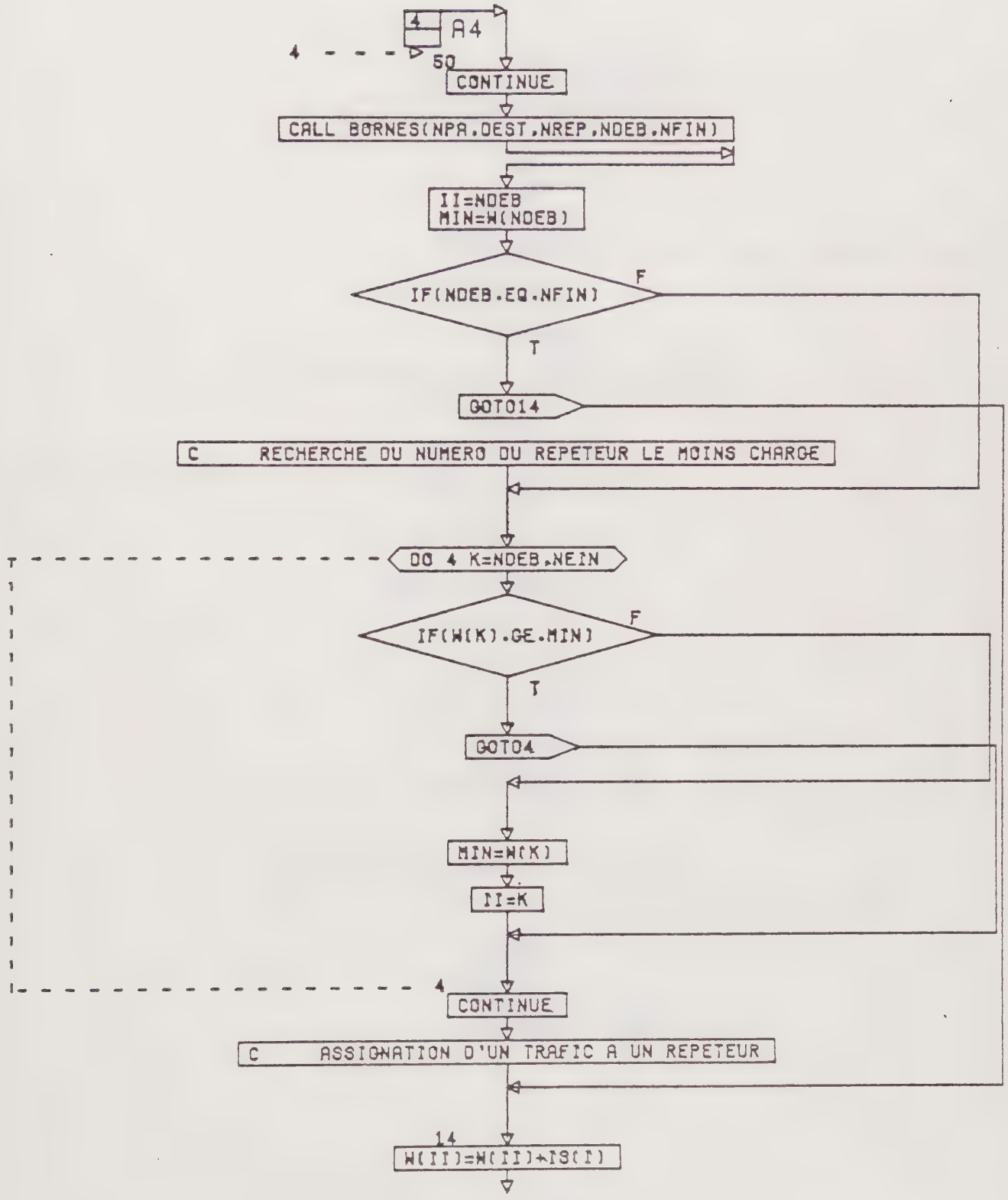

IS(J)=0
1
A1
1
1
CONTINUE
C TRI DESCENDANT DES TRAFICS PAR INSERTION SIMPLE
DO 6 K=2,NP
3
I=K-1
A2
3
7
IF(I.LT.1)
F
T
GOTO6
3
A3
IE(IS(I).GE.IS(I+1))
F
T
GOTO6
3
A3
C PERMUTATION DES TRAFICS
J=IS(I)
IS(I)=IS(I+1)
IS(I+1)=J
C PERMUTATION DES DESTINATIONS
J=PAYS(I)
PAYS(I)=PAYS(I+1)
PAYS(I+1)=J

CONT. PG 3

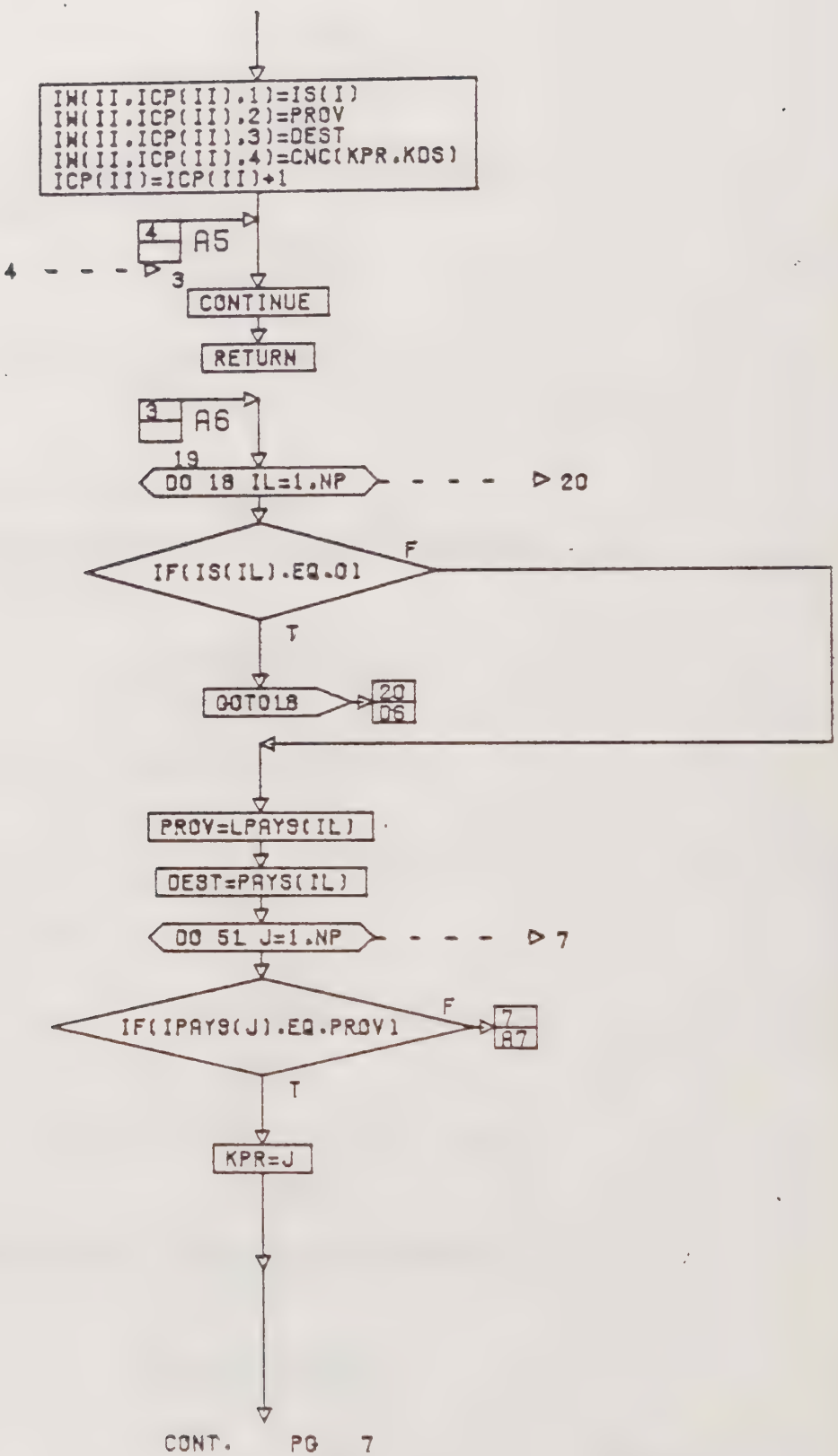

C PERMUTATION DES PROVENANCES
J=LPAYS(I)
LPAYS(I)=LPAYS(I+1)
LPAYS(I+1)=J
I=I-1
GOTO7
2
A2
2
2
A3
2
6
CONTINUE
C CHOIX DE L'ALGORITHME
IF(IC.GT.1)
F
T
GOTO19
6
A6
C REMISE A ZERO DES REPETEURS
DO 2 I=1,NP
W(I)=0
2
CONTINUE
C INITIALISATION DU TABLEAU REPRESENTANT LA TRAME
DO 9 I=L,NREPT
4
ICP(I)=1
DO 9 J=L,IWEIN
4
IW(I,J,1)=0
CONT. PG 4

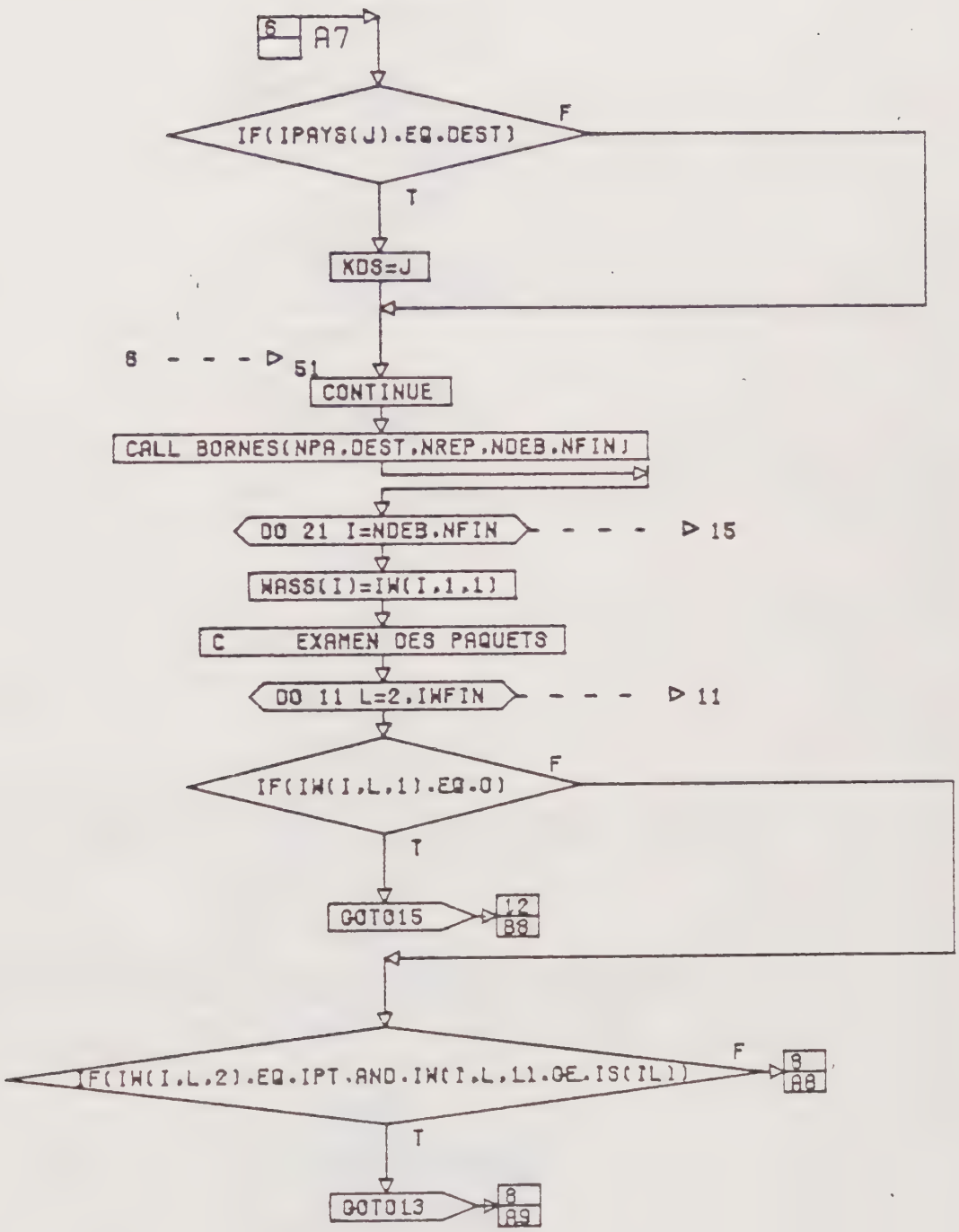

IW(I,J,2)=IBLANC
IW(I,J,3)=IBLANC
IW(I,J,4)=IPT
3 ,3 - - - ▷ 9
CONTINUE
DO 3 I=1,NP - - - ▷ 6
F
IF(IS(I).EQ.0)
T
GOTO3
6
A5
DEST=PAYS(I)
PROV=LPAYS(I)
DO 50 J=1,NP - - - ▷ 5
F
IF(IPAYS(J).EQ.PROV)
T
KPR=J
F
IF(IPAYS(J).EQ.DEST)
5
A4
T
KDS=J

CONT. PG 5

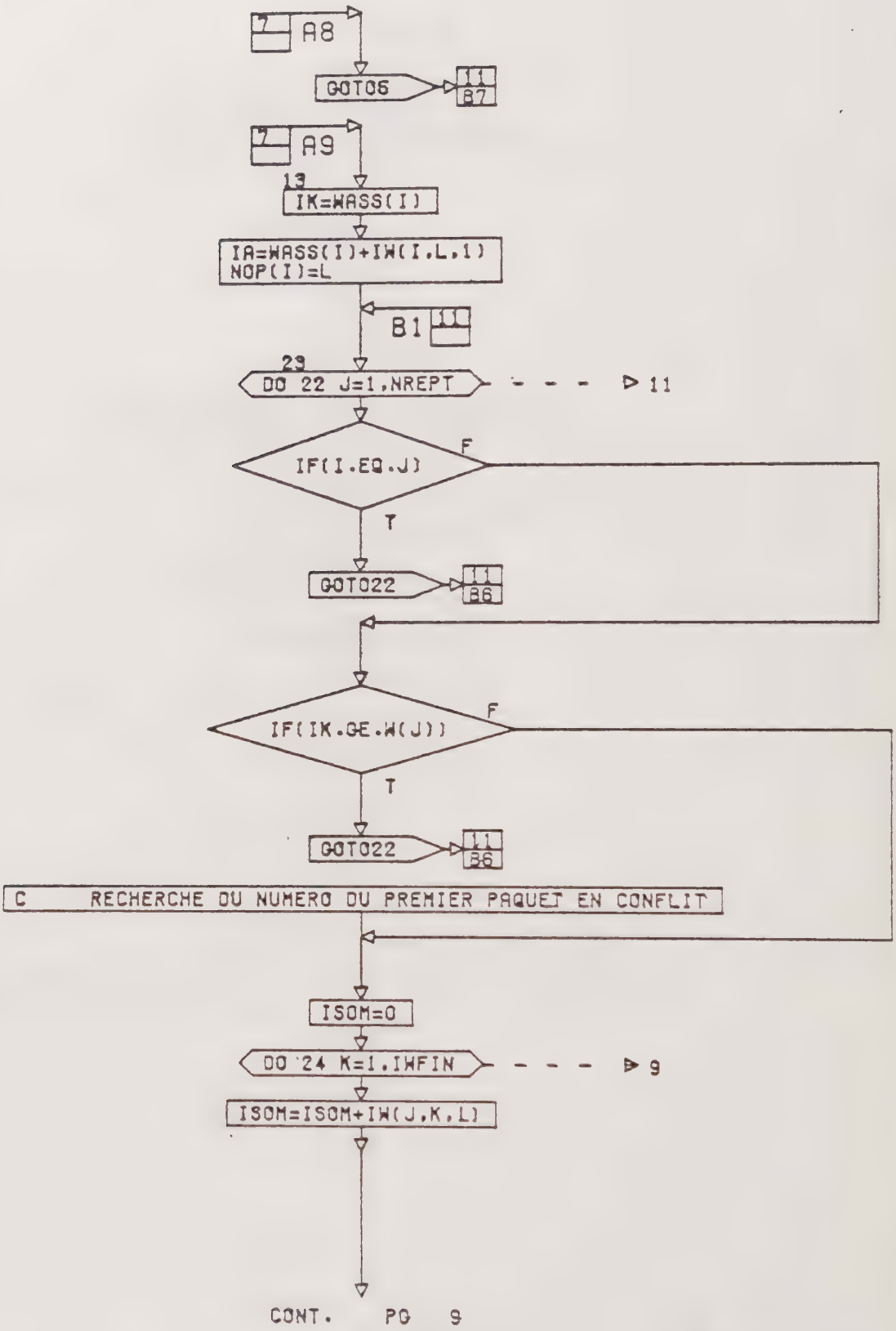

4
A4
50
CONTINUE
CALL BORNES(NPA,DEST,NREP,NDEB,NFIN)
II=NDEB
MIN=W(NDEB)
IF(NDEB.EQ.NFIN)
F
T
GOTO14
C RECHERCHE DU NUMERO DU REPETEUR LE MOINS CHARGE
DO 4 K=NDEB,NFIN
IF(W(K).GE.MIN)
F
T
GOTO4
MIN=W(K)
II=K
4
CONTINUE
C ASSIGNATION D'UN TRAFIC A UN REPETEUR
14
W(II)=W(II)+IS(I)

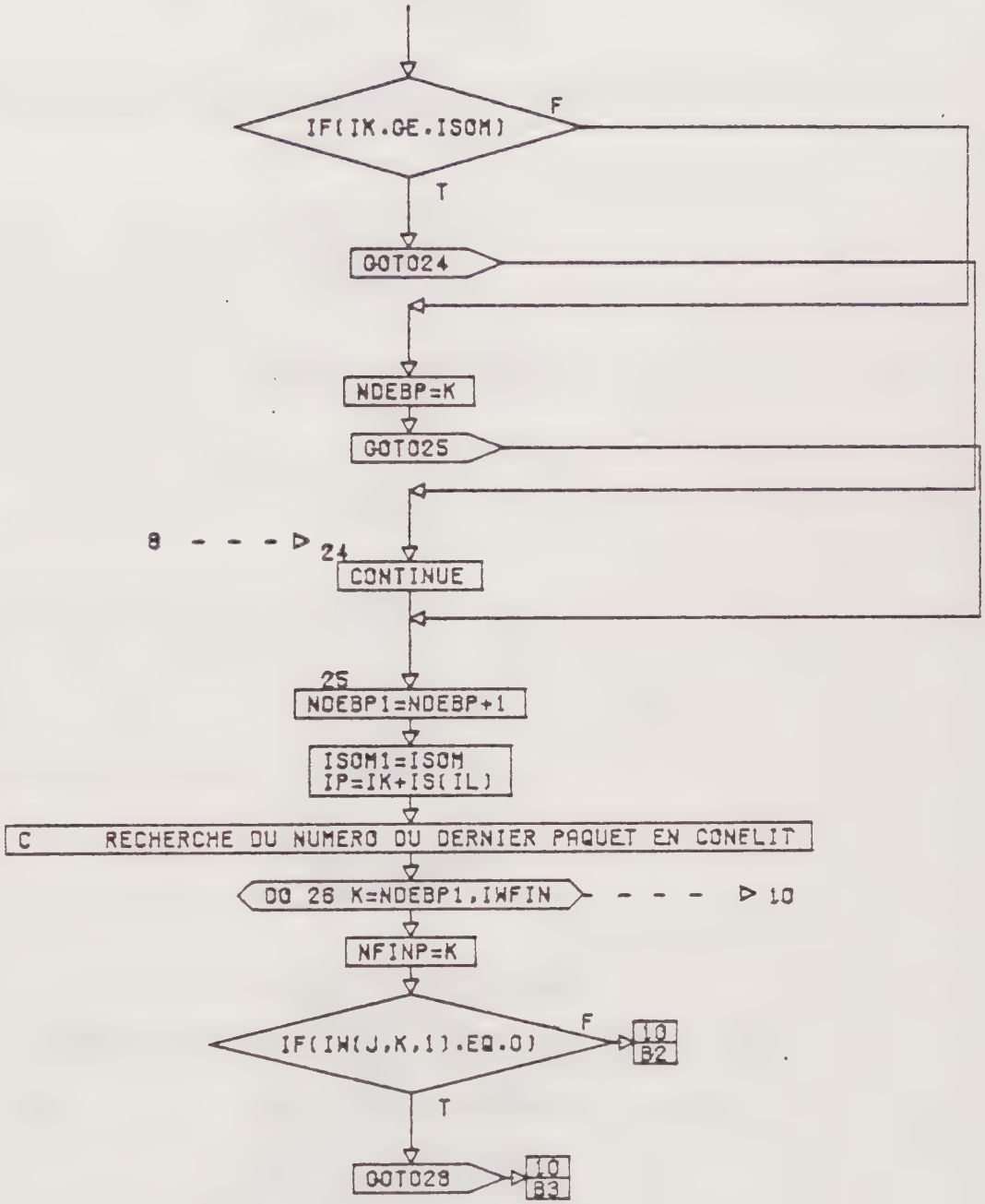
CONT. PG 6


IW(II,ICP(II),1)=IS(I)
IW(II,ICP(II),2)=PROV
IW(II,ICP(II),3)=DEST
IW(II,ICP(II),4)=CNC(KPR,KOS)
ICP(II)=ICP(II)+1
4
A5
4
3
CONTINUE
RETURN
3
A6
19
DO 18 IL=1,NP
20
IF(IS(IL).EQ.01
F
T
GOTO18
20
D6
PROV=LPAYS(IL)
DEST=PAYS(IL)
DO 51 J=1,NP
7
IF(IPAYS(J).EQ.PROV)
F
7
A7
T
KPR=J
CONT. PG 7

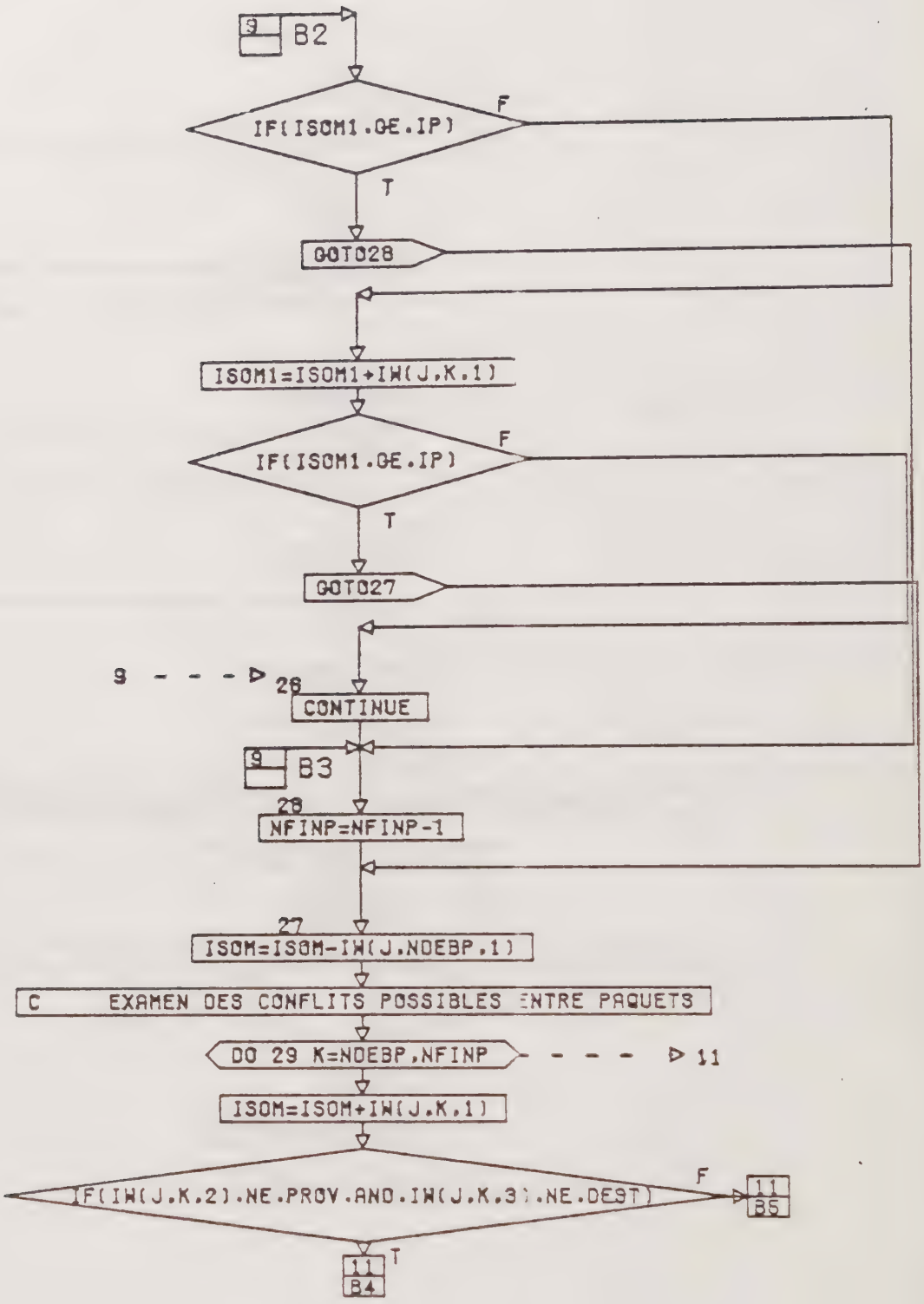

6
A7
IF(IPAYS(J).EQ.DEST)
F
T
KDS=J
6
51
CONTINUE
CALL BORNES(NPA,DEST,NREP,NDEB,NFIN)
DO 21 I=NDEB,NFIN
15
WASS(I)=IW(I,1,1)
C EXAMEN DES PAQUETS
DO 11 L=2,IWFIN
11
IF(IW(I,L,1).EQ.0)
F
T
GOTO15
12
88
F(IW(I,L,2).EQ.IPT.AND.IW(I,L,L1.GE.IS(IL1)
F
8
88
T
GOTO13
8
89

CONT. PG 8

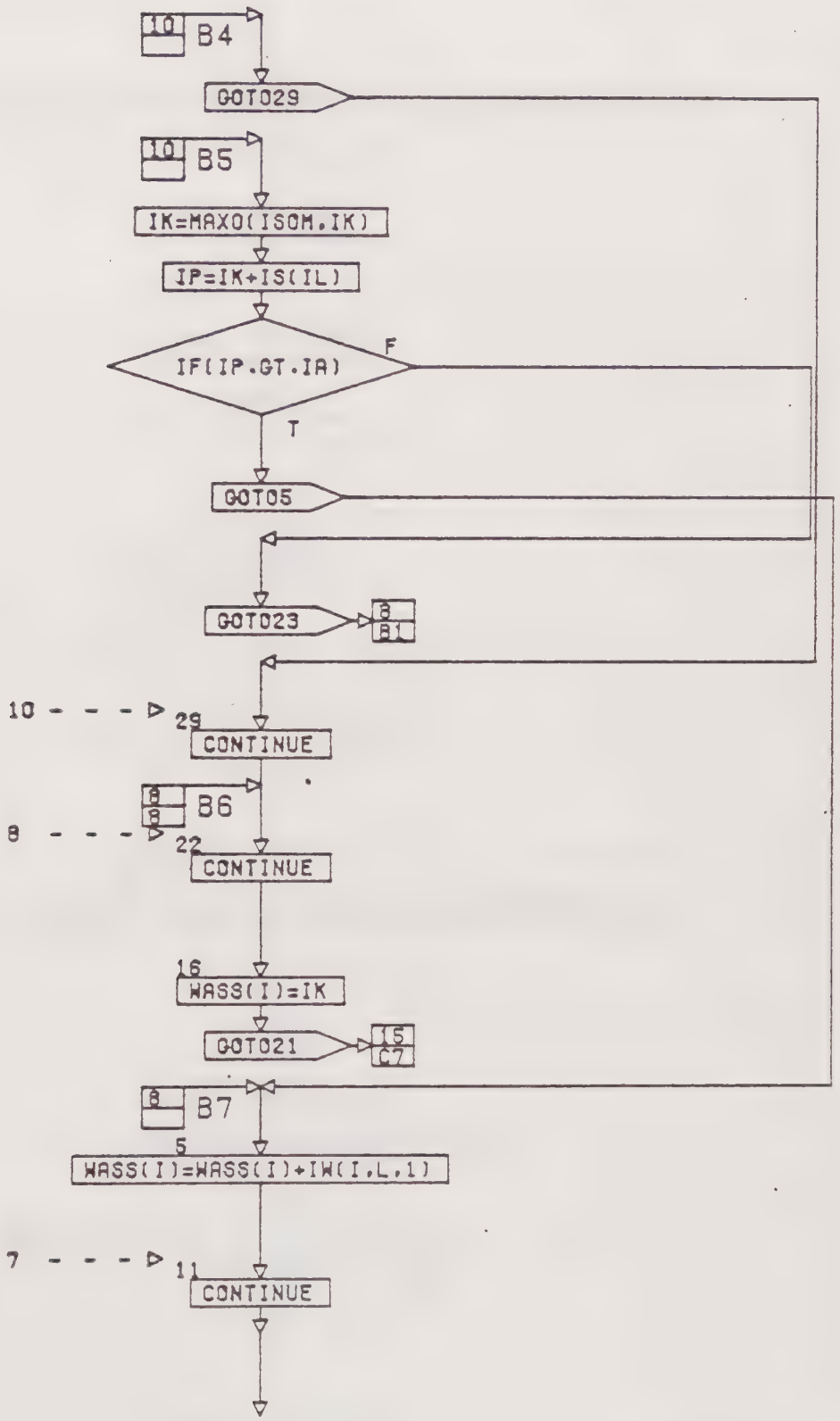

A8
GOTO6
11
B7
A9
13
IK=WASS(I)
IA=WASS(I)+IW(I,L,1)
NOP(I)=L
B1
11
29
DO 22 J=1,NREPT
11
F
IF(I.EQ.J)
T
GOTO22
11
B6
F
IF(IK.GE.W(J))
T
GOTO22
11
B6
C RECHERCHE DU NUMERO DU PREMIER PAQUET EN CONFLIT
ISOM=0
DO 24 K=1,IWFIN
9
ISOM=ISOM+IW(J,K,L)
CONT. PG 9

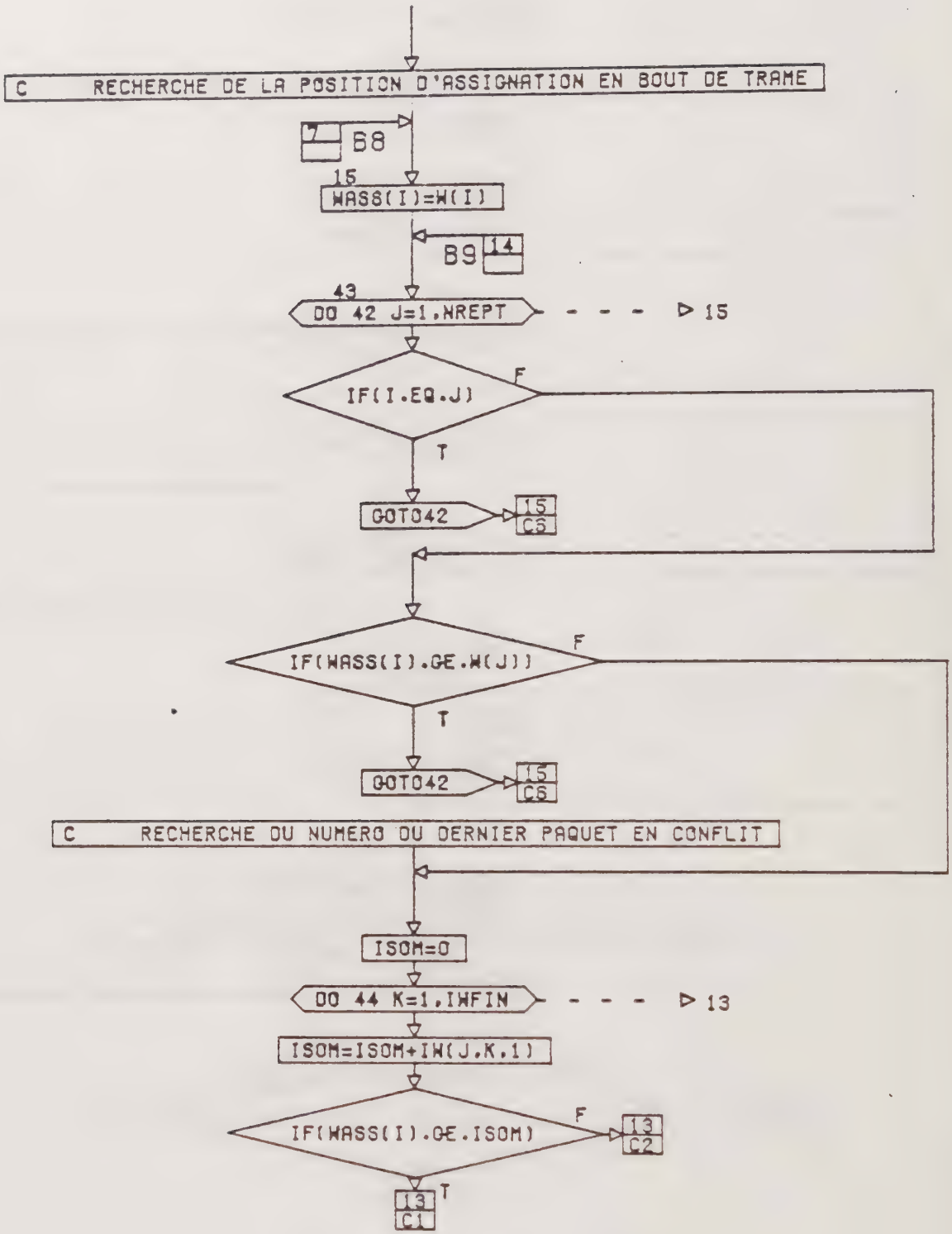

IF(IK.GE.ISOM)
F
T
GOTO24
NDEBP=K
GOTO25
8 - - - ▷ 24
CONTINUE
25
NDEBP1=NDEBP+1
ISOM1=ISOM
IP=IK+IS(IL)
C RECHERCHE DU NUMERO DU DERNIER PAQUET EN CONELIT
DO 26 K=NDEBP1,IWFIN - - - ▷ 10
NFINP=K
IF(IW(J,K,1).EQ.0)
F
10
B2
T
GOTO28
10
B3

CONT. PG 10

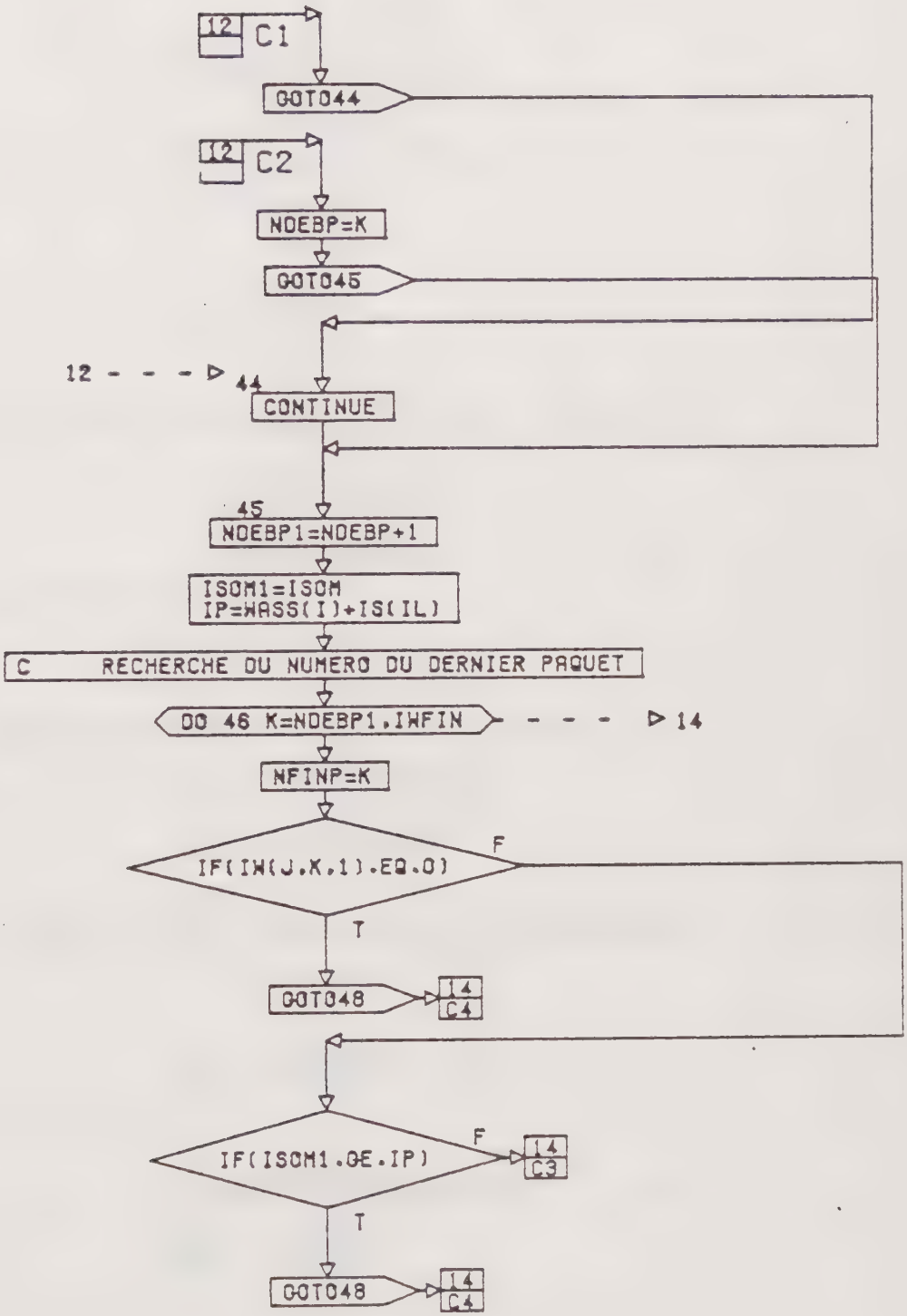

9
B2
IF(ISOM1.GE.IP)
F
T
GOTO28
ISOM1=ISOM1+IW(J,K,1)
IF(ISOM1.GE.IP)
F
T
GOTO27
9
26
CONTINUE
9
B3
28
NFINP=NFINP-1
27
ISOM=ISOM-IW(J,NDEBP,1)
C EXAMEN DES CONFLITS POSSIBLES ENTRE PAQUETS
DO 29 K=NDEBP,NFINP
11
ISOM=ISOM+IW(J,K,1)
IF(IW(J,K,2).NE.PROV.AND.IW(J,K,3).NE.DEST)
F
11
B5
T
11
B4

CONT. PG 11

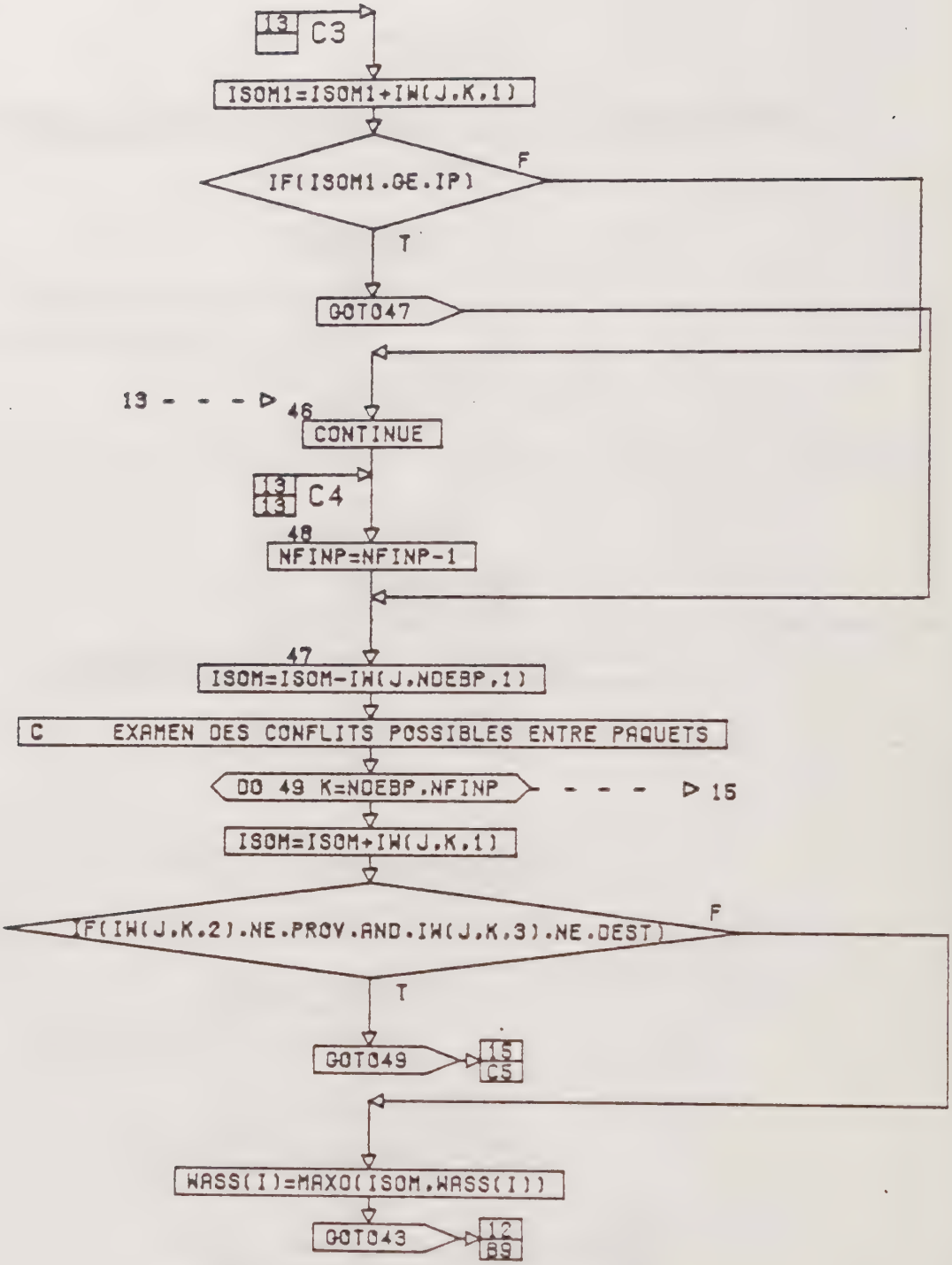

10
B4
GOTO29
10
B5
IK=MAXO(ISOM,IK)
IP=IK+IS(IL)
IF(IP.GT.IA)
F
T
GOTO5
GOTO23
8
B1
10 - - - ▷ 29
CONTINUE
8
8
B6
8 - - - ▷ 22
CONTINUE
16
WASS(I)=IK
GOTO21
15
C7
8
B7
5
WASS(I)=WASS(I)+IW(I,L,1)
7 - - - ▷ 11
CONTINUE
CONT. PG 12


C RECHERCHE DE LA POSITION D'ASSIGNATION EN BOUT DE TRAME
7 B8
15
WASS(I)=W(I)
B9 14
43
DO 42 J=1,NREPT
▷ 15
IF(I.EQ.J)
F
T
GOTO42
15 C6
IF(WASS(I).GE.W(J))
F
T
GOTO42
15 C6
C RECHERCHE DU NUMERO DU DERNIER PAQUET EN CONFLIT
ISOM=0
DO 44 K=1,IWFIN
▷ 13
ISOM=ISOM+IW(J,K,1)
IF(WASS(I).GE.ISOM)
F
13 C2
T
13 C1

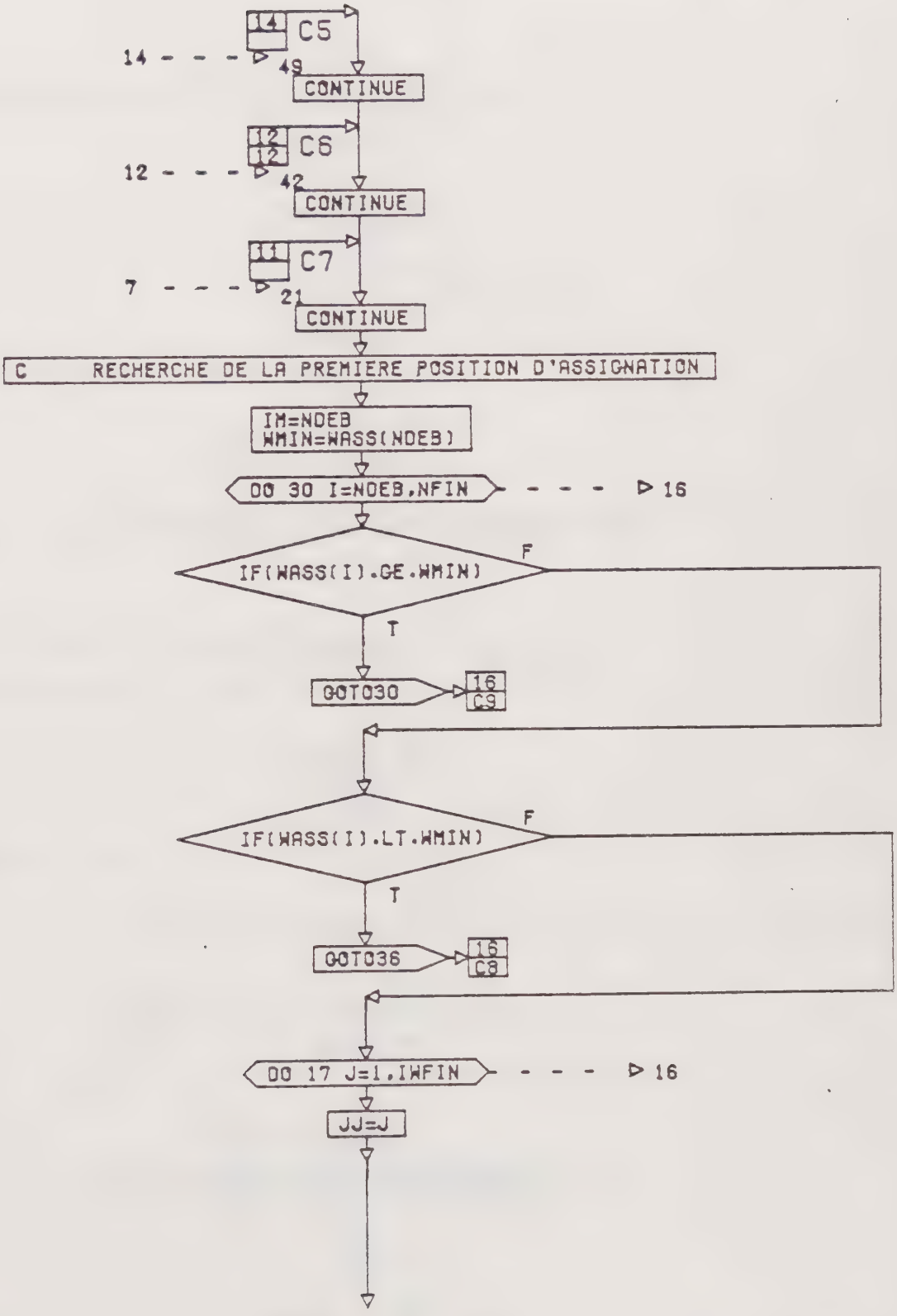
CONT. PG 13

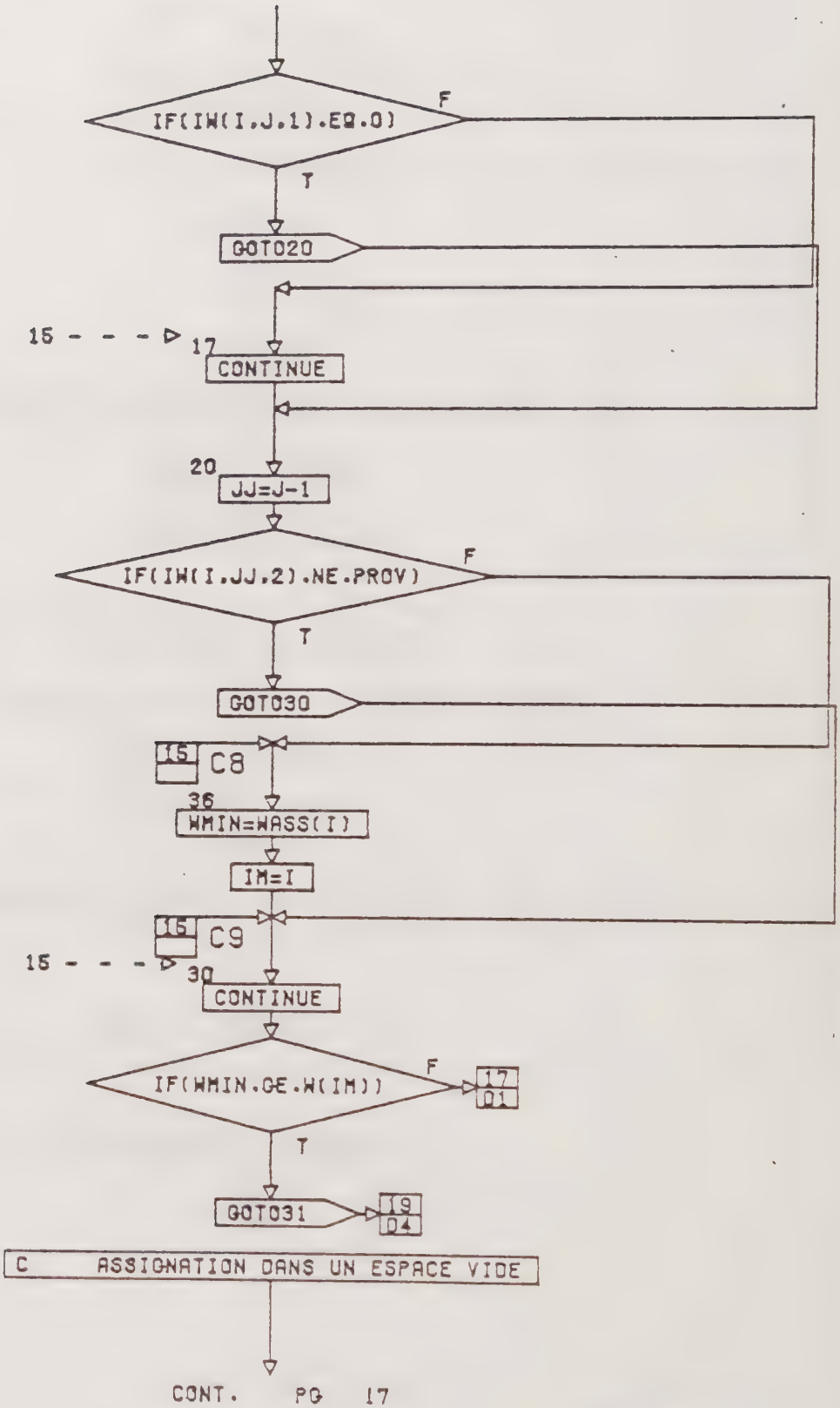

I2
C1
GOTO44
I2
C2
NOEBP=K
GOTO45
12 - - - ▷ 44
CONTINUE
45
NOEBP1=NOEBP+1
ISOM1=ISOM
IP=MASS(I)+IS(IL)
C RECHERCHE DU NUMERO DU DERNIER PAQUET
DO 46 K=NOEBP1,IWFIN - - - - ▷ 14
NFINP=K
IF(IW(J,K,1).EQ.0)
F
T
GOTO48
I4
C4
IF(ISOM1.GE.IP)
F
I4
C3
T
GOTO48
I4
C4

CONT. PG 14

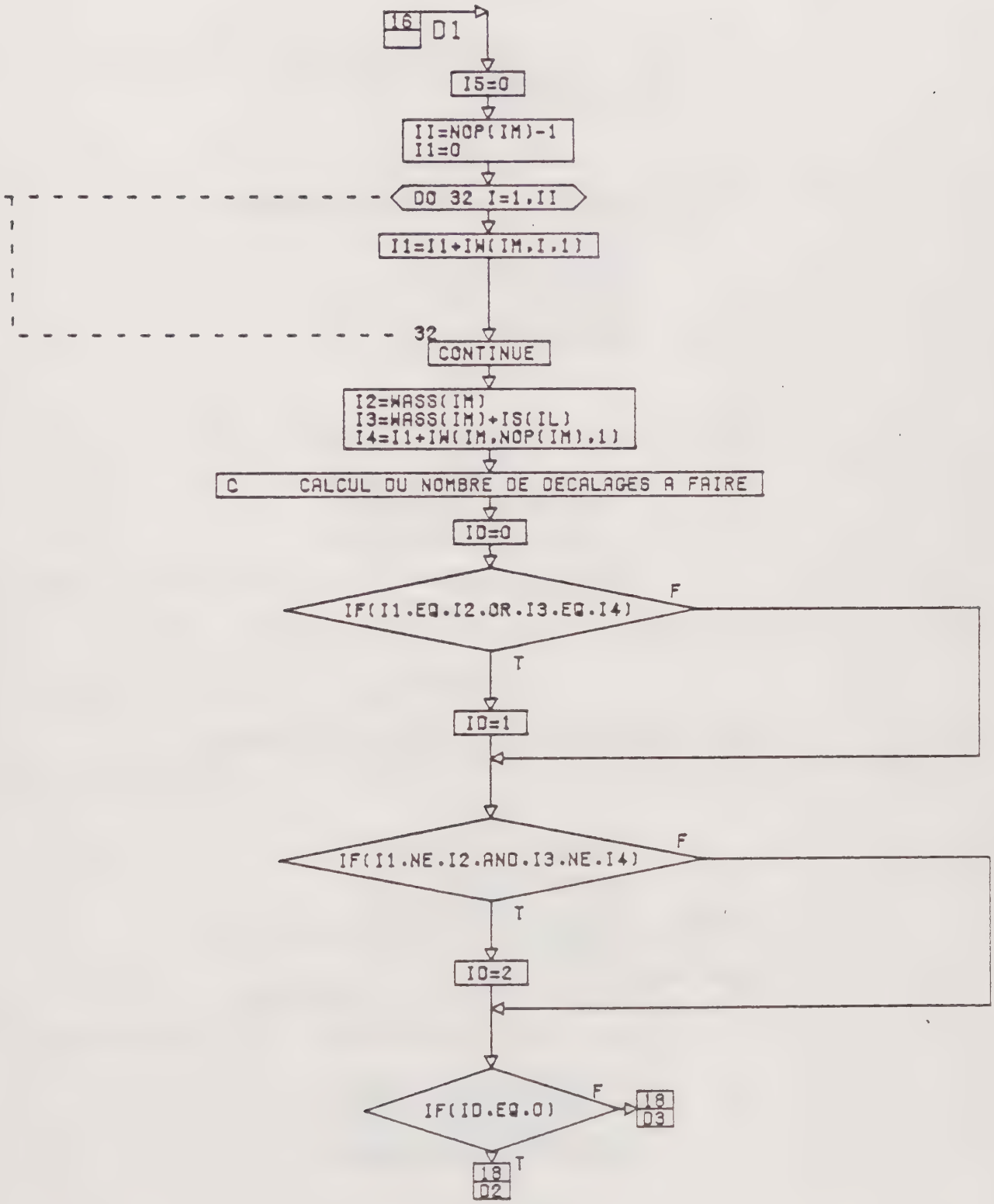

I3
C3
ISOM1=ISOM1+IW(J,K,1)
IF(ISOM1.GE.IP)
F
T
GOTO47
13 - - - ▷ 46
CONTINUE
I3
I3
C4
48
NFINP=NFINP-1
47
ISOM=ISOM-IW(J,NDEBP,1)
C EXAMEN DES CONFLITS POSSIBLES ENTRE PAQUETS
DO 49 K=NDEBP,NFINP
- - - ▷ 15
ISOM=ISOM+IW(J,K,1)
IF(IW(J,K,2).NE.PROV.AND.IW(J,K,3).NE.DEST)
F
T
GOTO49
I5
C5
WASS(I)=MAXO(ISOM,WASS(I))
GOTO43
I2
B9

CONT. PG 15

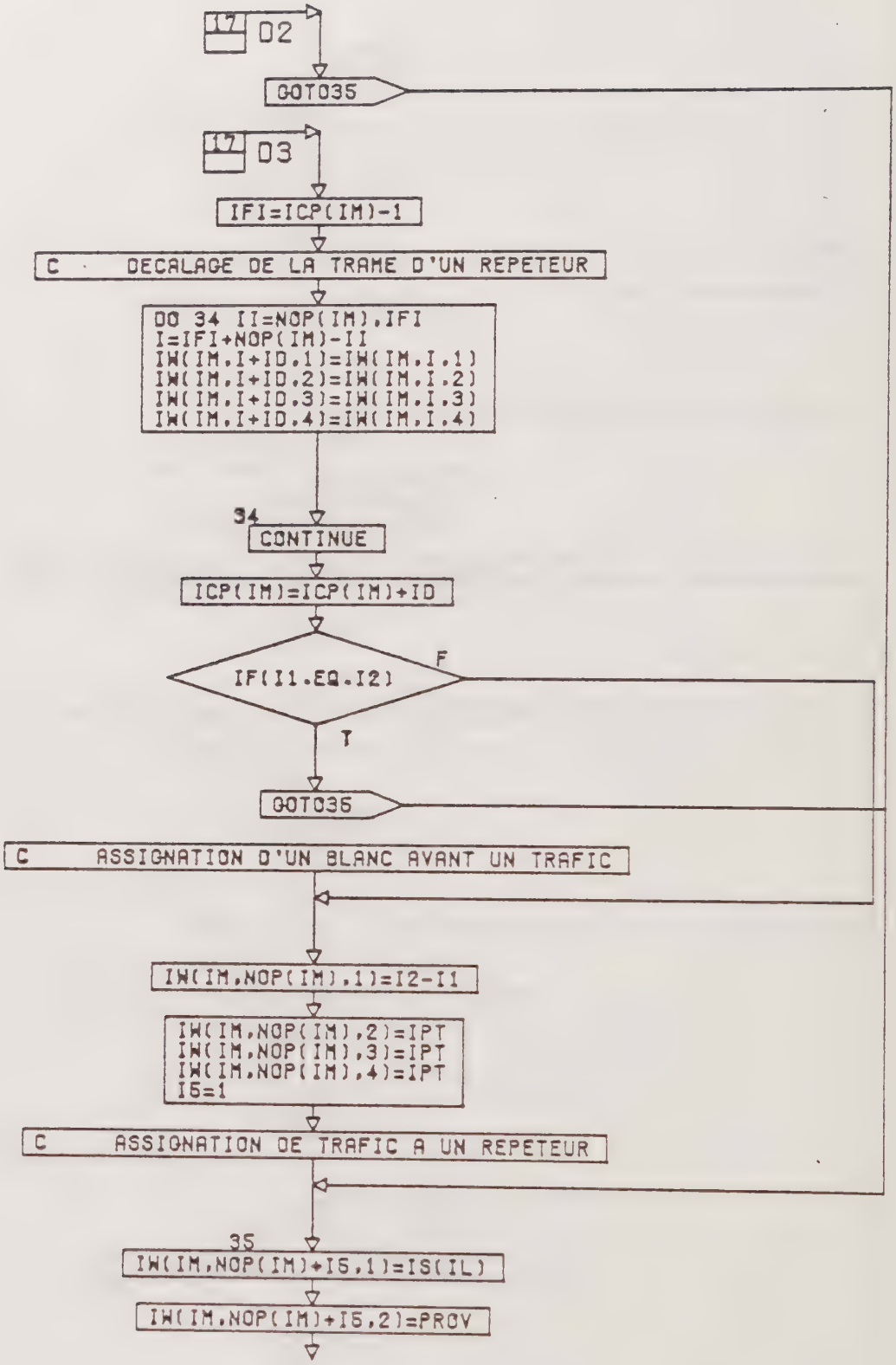

14
C5
49
CONTINUE
12
C6
42
CONTINUE
7
C7
21
CONTINUE
C RECHERCHE DE LA PREMIERE POSITION D'ASSIGNATION
IM=NDEB
WMIN=WASS(NDEB)
DO 30 I=NDEB,NFIN
16
IF(WASS(I).GE.WMIN)
F
T
GOTO30
16
C9
IF(WASS(I).LT.WMIN)
F
T
GOTO36
16
C8
DO 17 J=1,IWFIN
16
JJ=J
CONT. PG 16


IF(IW(I,J,1).EQ.0)
F
T
GOTO20
15 - - - ▷ 17
CONTINUE
20
JJ=J-1
IF(IW(I,JJ,2).NE.PROV)
F
T
GOTO30
15
C8
36
WMIN=WASS(I)
IM=I
15
C9
15 - - - ▷ 30
CONTINUE
IF(WMIN.GE.W(IM))
F
17
01
T
GOTO31
19
04
C ASSIGNATION DANS UN ESPACE VIDE

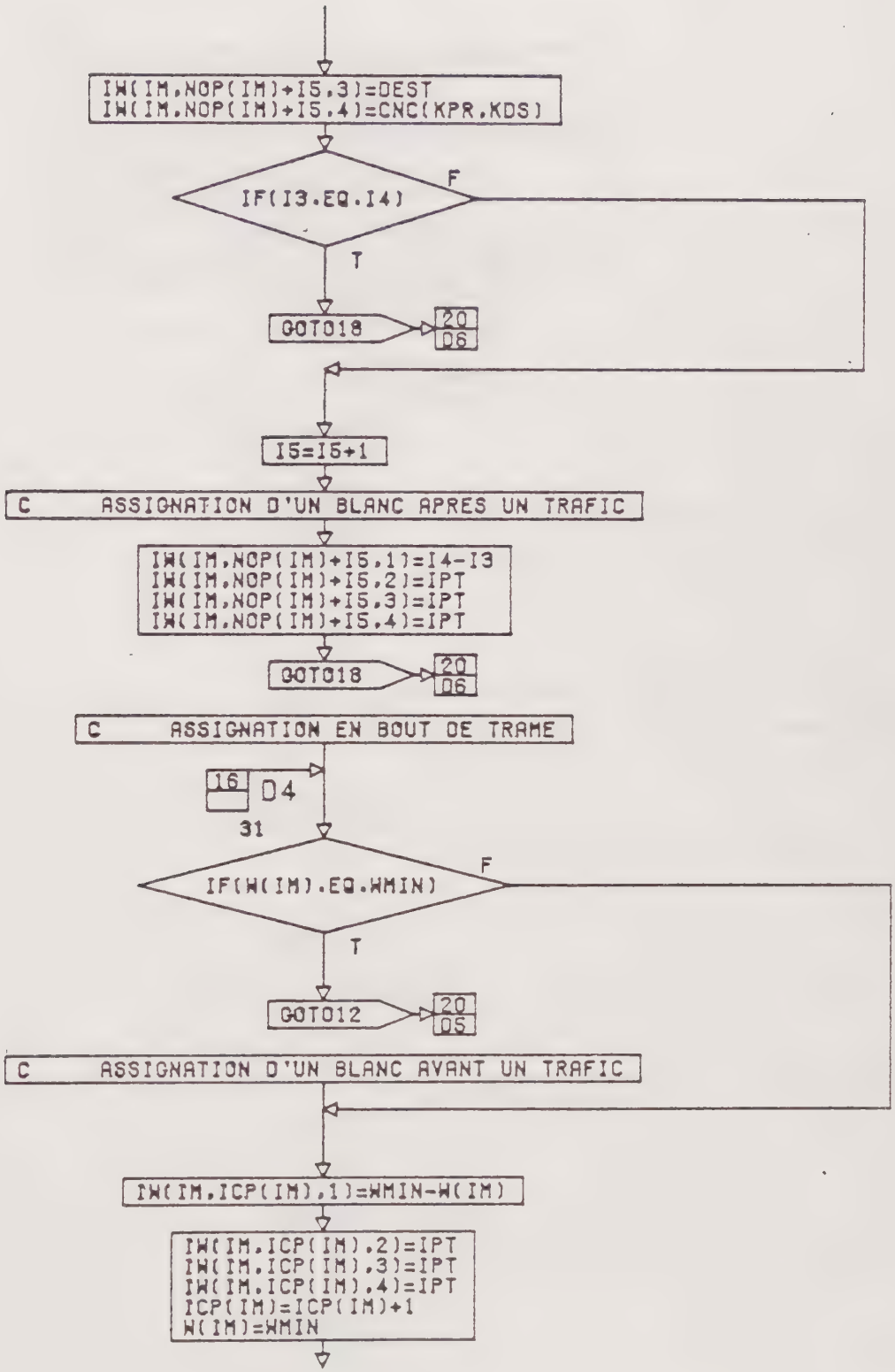
CONT. PG 17


16 D1
I5=0
II=NOP(IM)-1
I1=0
DO 32 I=1,II
I1=I1+IW(IM,I,1)
32 CONTINUE
I2=WASS(IM)
I3=WASS(IM)+IS(IL)
I4=I1+IW(IM,NOP(IM),1)
C CALCUL DU NOMBRE DE DECALAGES A FAIRE
ID=0
IF(I1.EQ.I2.OR.I3.EQ.I4)
F
T
ID=1
IF(I1.NE.I2.AND.I3.NE.I4)
F
T
ID=2
IF(ID.EQ.0)
F
18 03
T
18 02

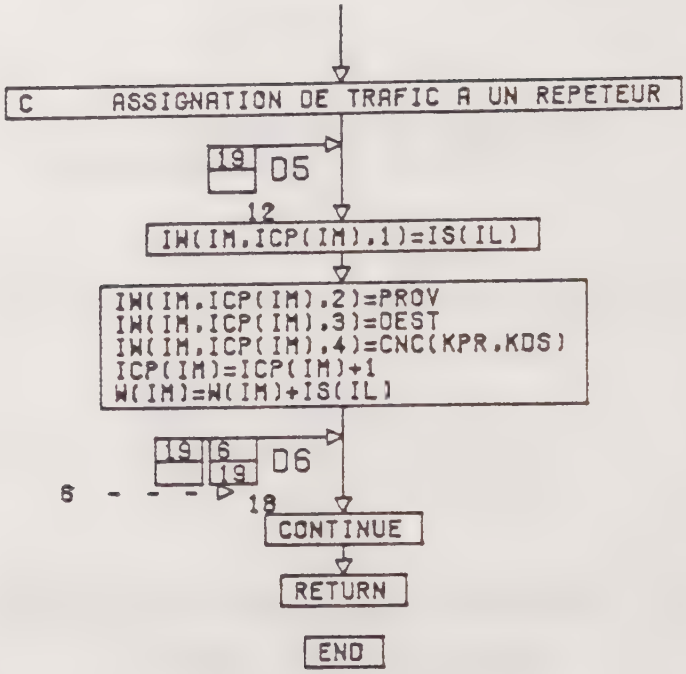
CONT. PG 18

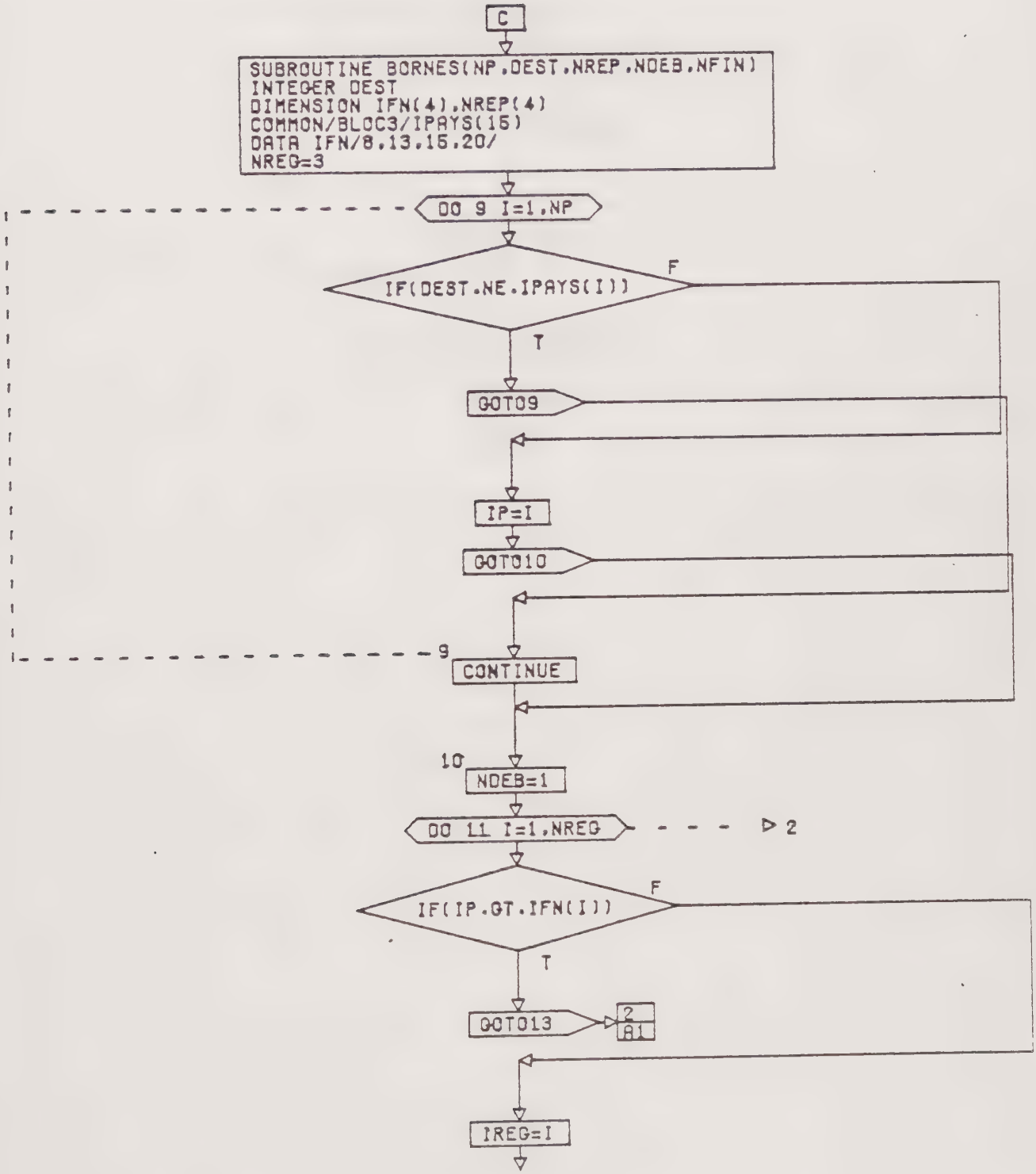

17 D2
GOTO35
17 D3
IFI=ICP(IM)-1
C DECALAGE DE LA TRAME D'UN REPETEUR
DO 34 II=NOP(IM),IFI
I=IFI+NOP(IM)-II
IW(IM,I+ID,1)=IW(IM,I,1)
IW(IM,I+ID,2)=IW(IM,I,2)
IW(IM,I+ID,3)=IW(IM,I,3)
IW(IM,I+ID,4)=IW(IM,I,4)
34 CONTINUE
ICP(IM)=ICP(IM)+ID
IF(I1.EQ.I2)
F
T
GOTO35
C ASSIGNATION D'UN BLANC AVANT UN TRAFIC
IW(IM,NOP(IM),1)=I2-I1
IW(IM,NOP(IM),2)=IPT
IW(IM,NOP(IM),3)=IPT
IW(IM,NOP(IM),4)=IPT
I5=1
C ASSIGNATION DE TRAFIC A UN REPETEUR
35
IW(IM,NOP(IM)+I5,1)=IS(IL)
IW(IM,NOP(IM)+I5,2)=PROV

CONT. PG 19

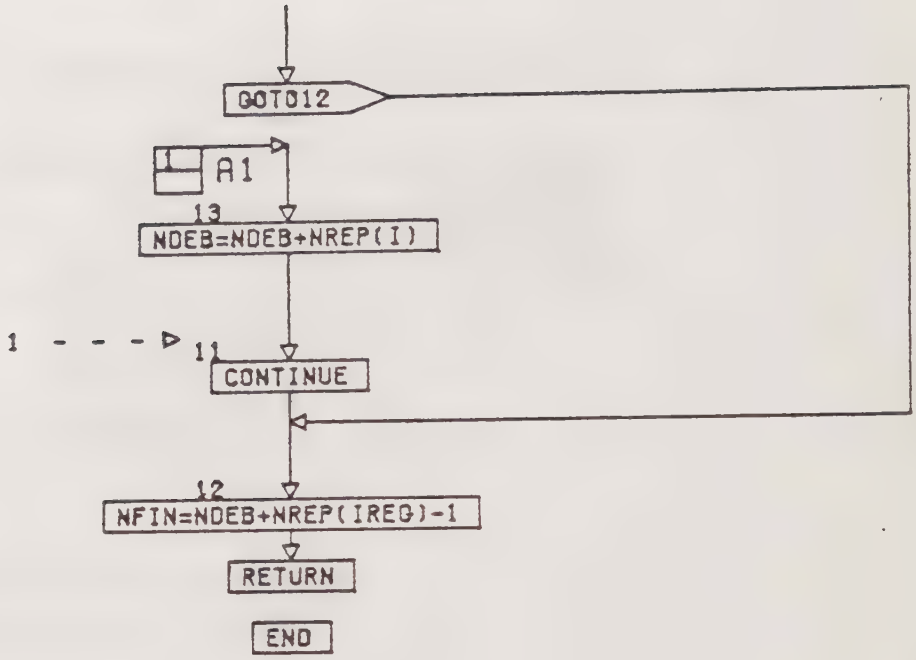

IW(IM,NOP(IM)+I5,3)=DEST
IW(IM,NOP(IM)+I5,4)=CNC(KPR,KDS)
IF(I3.EQ.I4)
F
T
GOTO18
20
D6
I5=I5+1
C ASSIGNATION D'UN BLANC APRES UN TRAFIC
IW(IM,NOP(IM)+I5,1)=I4-I3
IW(IM,NOP(IM)+I5,2)=IPT
IW(IM,NOP(IM)+I5,3)=IPT
IW(IM,NOP(IM)+I5,4)=IPT
GOTO18
20
D6
C ASSIGNATION EN BOUT DE TRAME
16
D4
31
IF(W(IM).EQ.WMIN)
F
T
GOTO12
20
D5
C ASSIGNATION D'UN BLANC AVANT UN TRAFIC
IW(IM,ICP(IM),1)=WMIN-W(IM)
IW(IM,ICP(IM),2)=IPT
IW(IM,ICP(IM),3)=IPT
IW(IM,ICP(IM),4)=IPT
ICP(IM)=ICP(IM)+1
W(IM)=WMIN

CONT. PG 20


C ASSIGNATION DE TRAFIC A UN REPETEUR
19
D5
12
IW(IM,ICP(IM),1)=IS(IL)
IW(IM,ICP(IM),2)=PROV
IW(IM,ICP(IM),3)=DEST
IW(IM,ICP(IM),4)=CNC(KPR,KDS)
ICP(IM)=ICP(IM)+1
W(IM)=W(IM)+IS(IL)
19
6
19
D6
6
18
CONTINUE
RETURN
END


C
SUBROUTINE BORNES(NP,DEST,NREP,NDEB,NFIN)
INTEGER DEST
DIMENSION IFN(4),NREP(4)
COMMON/BLOC3/IPAYS(15)
DATA IFN/8,13,15,20/
NREG=3
DO 9 I=1,NP
IF(DEST.NE.IPAYS(I))
F
T
GOTO9
IP=I
GOTO10
9
CONTINUE
10
NDEB=1
DO 11 I=1,NREG
▷2
IF(IP.GT.IFN(I))
F
T
GOTO13
2
81
IREG=I

CONT. PG 2


GOTO12
1
A1
13
NDEB=NDEB+NREP(I)
1
11
CONTINUE
12
NFIN=NDEB+NREP(IREG)-1
RETURN
END

Le programme ECRIT

Les commandes et les données des utilisateurs nécessaires au fonctionnement du programme de gestion de la trame du satellite ECS, sont rangées dans deux fichiers de données.

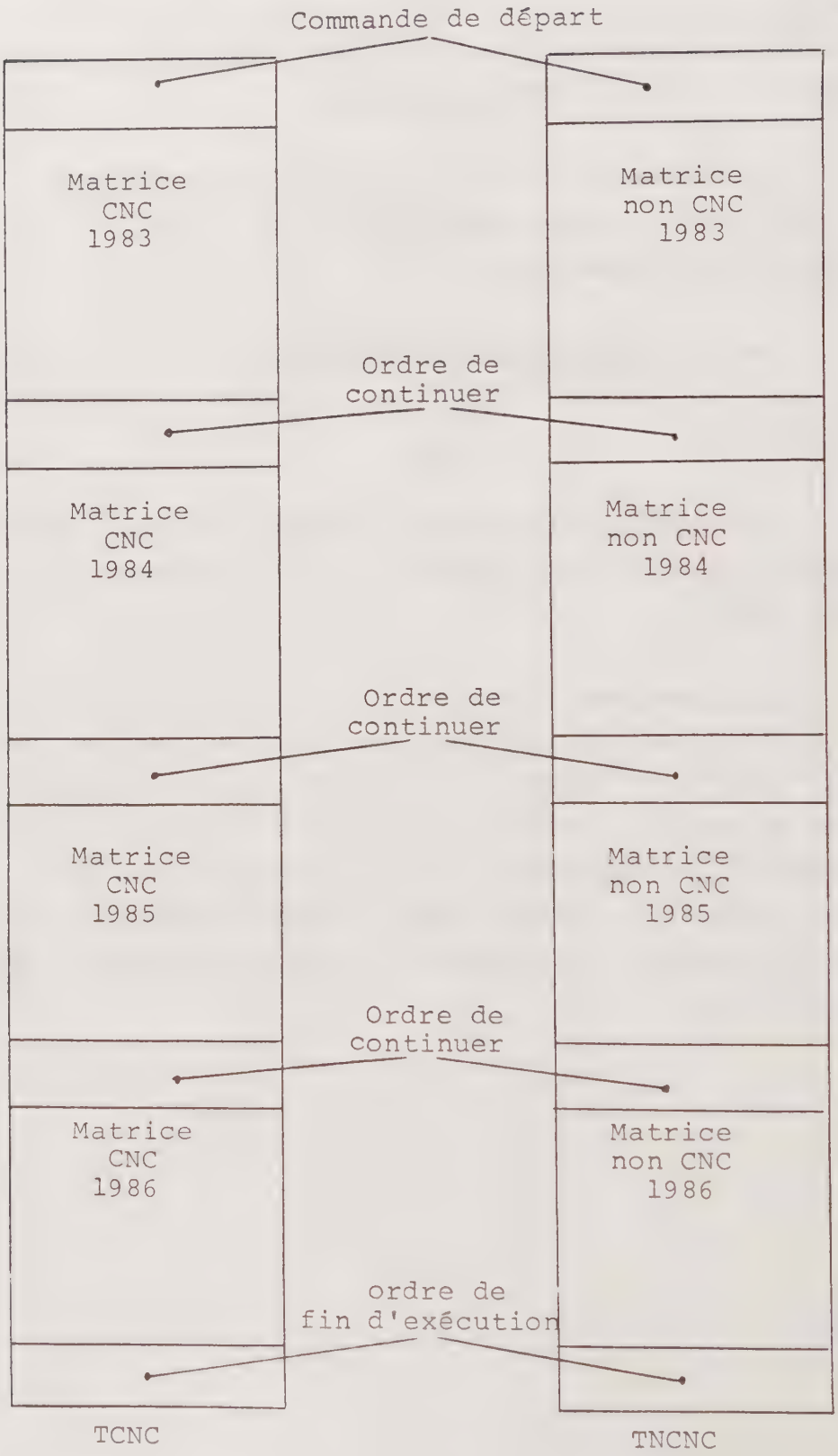
Les commandes et les matrices relatives au "trafic CNC" sont rangées dans le fichier "TCNC" et le numéro de lecture-écriture est 01.

Les matrices relatives au "trafic non CNC" sont rangées dans le fichier "TNCNC" et le numéro de lecture-écriture est 02.

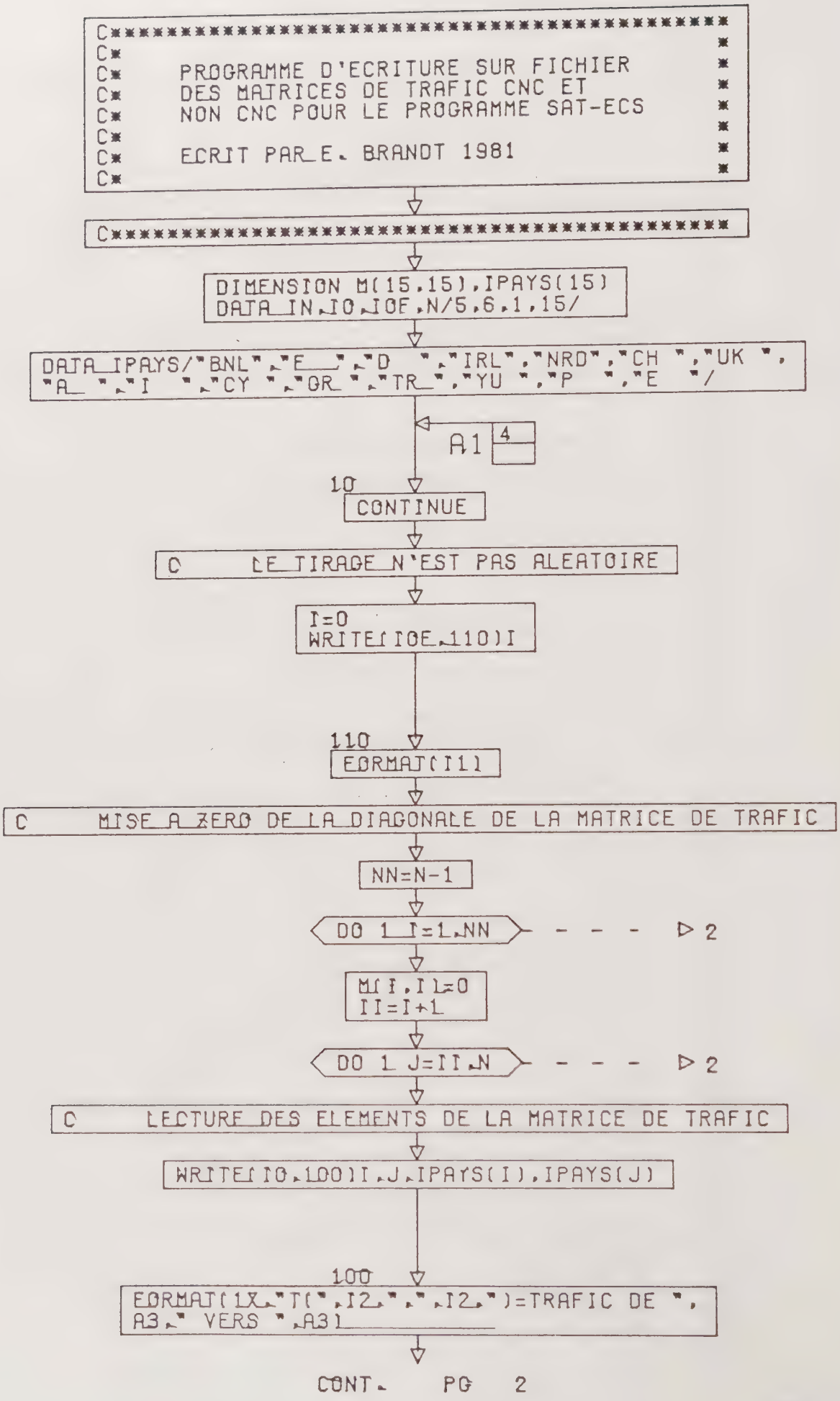
Le remplissage de ces fichiers peut être effectué séparément à partir d'une console par le programme conversationnel ECRIT.

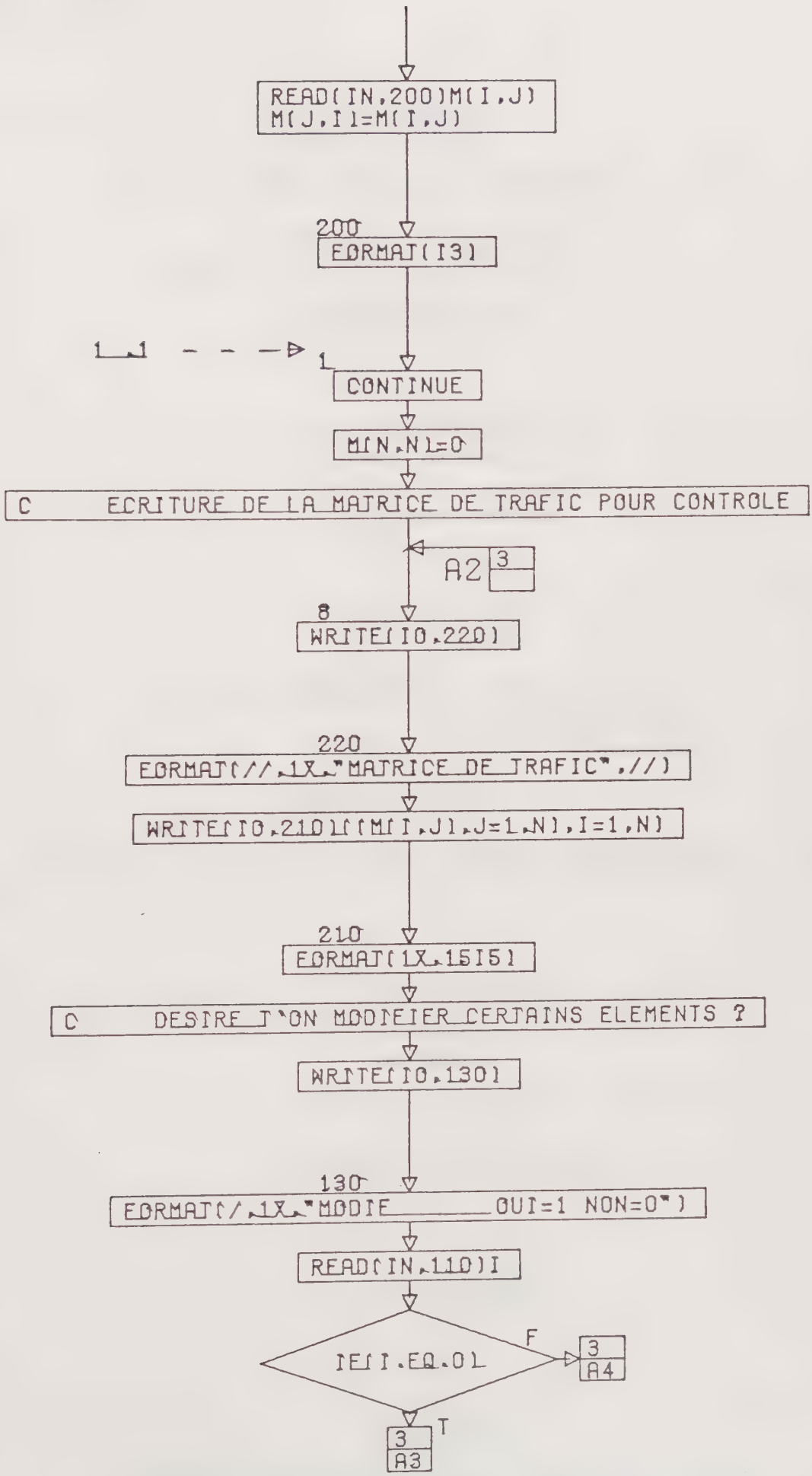
Le programme "SAT-ECS" ayant la possibilité de traiter successivement plusieurs matrices de trafic, les fichiers "TCNC" et "TNCNC" sont prévus pour contenir en séquences un nombre indéfini de matrices de trafic. Il est cependant indispensable au bon fonctionnement du programme "SAT-ECS" que les deux fichiers contenant les matrices de trafics correspondant à une même année soient à la même position.

Exemple de structure de fichier TCNC et TNCNC

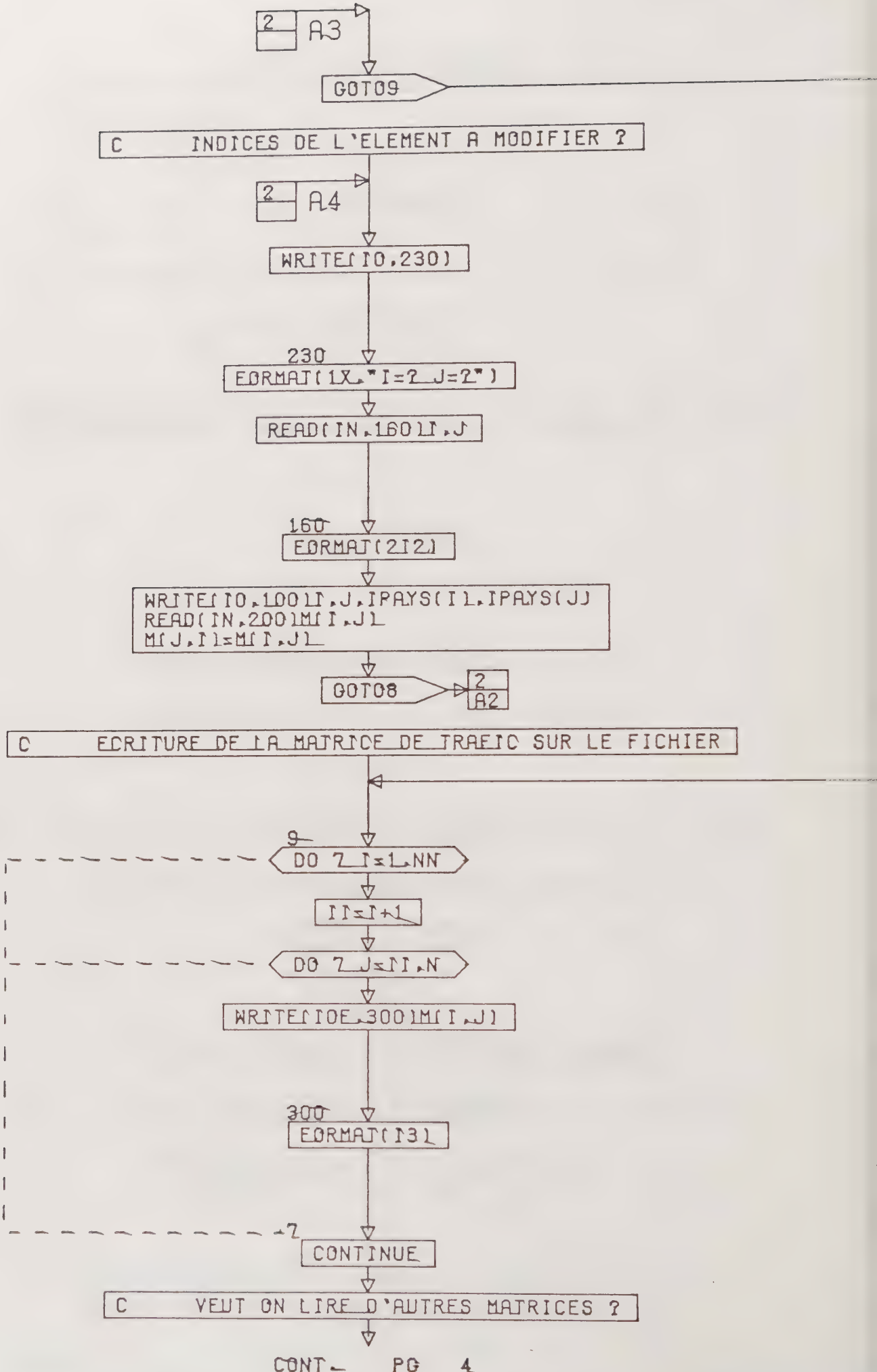


```
1000C*************************************************
1010C*                                               *
1020C*     PROGRAMME D'ECRITURE SUR FICHIER          *
1030C*     DES MATRICES DE TRAFIC CNC ET             *
1040C*     NON CNC POUR LE PROGRAMME SAT-ECS         *
1050C*                                               *
1060C*     ECRIT PAR E. BRANDT 1981                  *
1070C*                                               *
1080C*************************************************
1090C
1100      DIMENSION M(15,15),IPAYS(15)
1110      DATA IN,IO,IOF,N/5,6,1,15/
1120      DATA IPAYS/"BNL","F  ","D  ","IRL","NRD","CH ","UK ",
1130     &"A  ","I  ","CY ","GR ","TR ","YU ","P  ","E  "/
1140C
1150   10 CONTINUE
1160C
1170C     LE TIRAGE N'EST PAS ALEATOIRE
1180      I=0
1190      WRITE(IOF,110)I
1200  110 FORMAT(I1)
1210C
1220C     MISE A ZERO DE LA DIAGONALE DE LA MATRICE DE TRAFIC
1230      NN=N-1
1240      DO 1 I=1,NN
1250      M(I,I)=0
1260      II=I+1
1270      DO 1 J=II,N
1280C
1290C     LECTURE DES ELEMENTS DE LA MATRICE DE TRAFIC
1300C
1310      WRITE(IO,100)I,J,IPAYS(I),IPAYS(J)
1320  100 FORMAT(1X,"T(",I2,",",I2,")=TRAFIC DE ",
1330     &A3," VERS ",A3)
1340      READ(IN,200)M(I,J)
1350      M(J,I)=M(I,J)
1360  200 FORMAT(I3)
1370    1 CONTINUE
1380      M(N,N)=0
1390C
1400C     ECRITURE DE LA MATRICE DE TRAFIC POUR CONTROLE
1410C
1420    8 WRITE(IO,220)
1430  220 FORMAT(///,1X,"MATRICE DE TRAFIC",//)
1440      WRITE(IO,210)((M(I,J),J=1,N),I=1,N)
1450  210 FORMAT(1X,15I5)
1460C
1470C     DESIRE T'ON MODIFIER CERTAINS ELEMENTS ?
1480C
1490      WRITE(IO,130)
1500  130 FORMAT(/,1X,"MODIF:OUI=1 NON=0")
1510      READ(IN,110)I
1520C
1530      IF(I.EQ.0)GOTO9
1540C
1550C     INDICES DE L'ELEMENT A MODIFIER ?
1560C
1570      WRITE(IO,230)
1580  230 FORMAT(1X,"I=? J=?")
1590      READ(IN,160)I,J
1600  160 FORMAT(2I2)
1610      WRITE(IO,100)I,J,IPAYS(I),IPAYS(J)
1620      READ(IN,200)M(I,J)
1630      M(J,I)=M(I,J)
1640      GOTO8
1650C
1660C     ECRITURE DE LA MATRICE DE TRAFIC SUR LE FICHIER
1670C
1680    9 DO 7 I=1,NN
1690      II=I+1
1700      DO 7 J=II,N
1710      WRITE(IOF,300)M(I,J)
1720  300 FORMAT(I3)
1730    7 CONTINUE
1740C
1750C     VEUT ON LIRE D'AUTRES MATRICES ?
1760C
1770      WRITE(IO,170)
1780  170 FORMAT(1X,"STOP=0 ENCORE=1")
1790      READ(IN,110)I
1800      WRITE(IOF,110)I
1810      IF(I.EQ.1)GOTO10
1820C
1830      REWIND 01
1840C
1850      STOP
1860      END
```

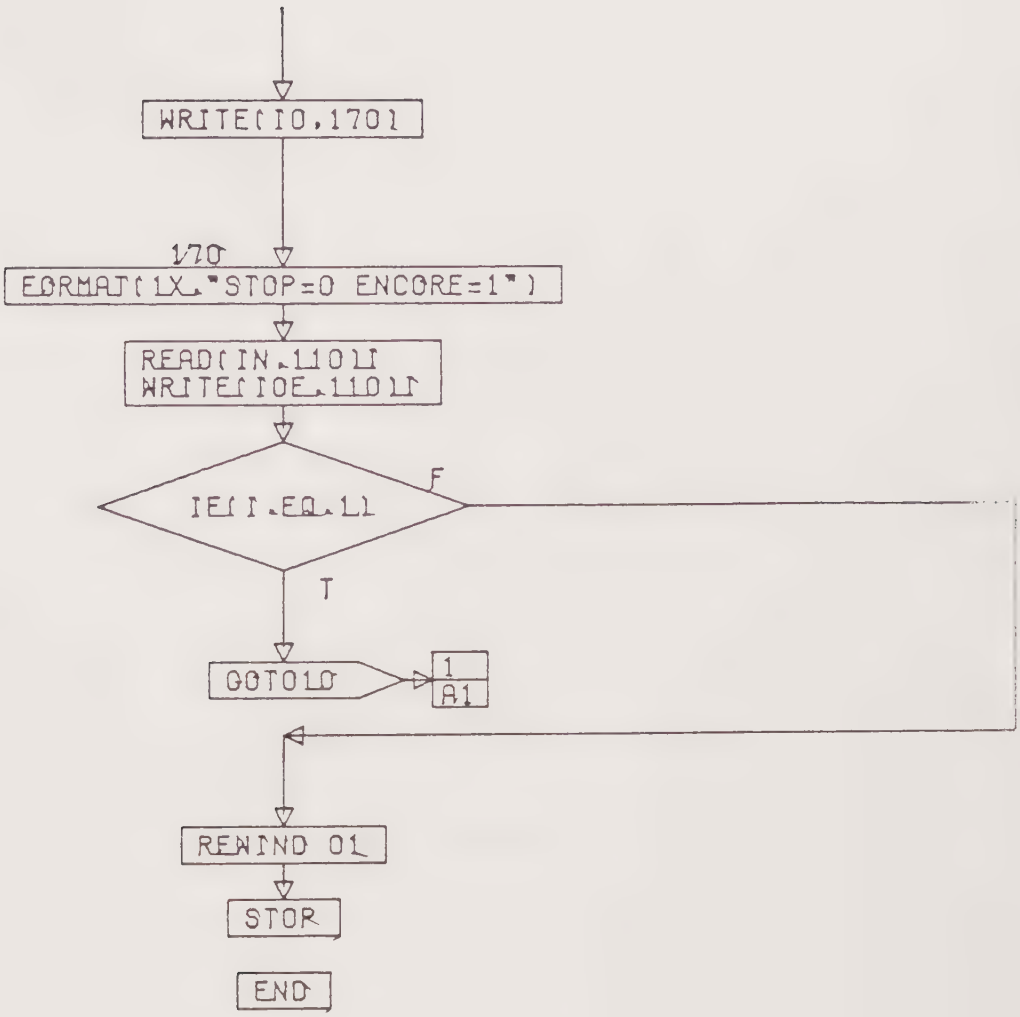

C**********
C*
C* PROGRAMME D'ECRITURE SUR FICHIER
C* DES MATRICES DE TRAFIC CNC ET
C* NON CNC POUR LE PROGRAMME SAT-ECS
C*
C* ECRIT PAR E. BRANDT 1981
C*
C**********
DIMENSION M(15,15),IPAYS(15)
DATA IN,IO,IOE,N/5,6,1,15/
DATA IPAYS/"BNL",,"E__",,"D ",,"IRL","NRD","CH ","UK ",
"A_ ",,"I ",,"CY ",,"GR_",,"TR_","YU ","P ","E "/
A1
4
10
CONTINUE
C LE TIRAGE N'EST PAS ALEATOIRE
I=0
WRITE(IOE,110)I
110
FORMAT(I1)
C MISE A ZERO DE LA DIAGONALE DE LA MATRICE DE TRAFIC
NN=N-1
DO 1 I=1,NN
2
M(I,I)=0
II=I+1
DO 1 J=II,N
2
C LECTURE DES ELEMENTS DE LA MATRICE DE TRAFIC
WRITE(IO,100)I,J,IPAYS(I),IPAYS(J)
100
FORMAT(1X,"T(",I2,",",I2,")=TRAFIC DE ",
A3," VERS ",A3)
CONT. PG 2


READ(IN,200)M(I,J)
M(J,I)=M(I,J)
200
FORMAT(I3)
1
CONTINUE
M(N,N)=0
C ECRITURE DE LA MATRICE DE TRAFIC POUR CONTROLE
A2
3
8
WRITE(IO,220)
220
FORMAT(//,1X,"MATRICE DE TRAFIC",//)
WRITE(IO,210)((M(I,J),J=1,N),I=1,N)
210
FORMAT(1X,15I5)
C DESIRE T'ON MODIFIER CERTAINS ELEMENTS ?
WRITE(IO,130)
130
FORMAT(/,1X,"MODIF OUI=1 NON=0")
READ(IN,110)I
IF(I.EQ.0)
F
3
A4
T
3
A3

CONT. PG 3


2
A3
GOTO9
C INDICES DE L'ELEMENT A MODIFIER ?
2
A4
WRITE(IO,230)
230
FORMAT(1X,"I=2 J=2")
READ(IN,160)I,J
160
FORMAT(2I2)
WRITE(IO,100)I,J,IPAYS(I),IPAYS(J)
READ(IN,200)M(I,J)
M(J,I)=M(I,J)
GOTO8
2
A2
C ECRITURE DE LA MATRICE DE TRAFIC SUR LE FICHIER
9
DO 7 I=1,NN
II=I+1
DO 7 J=II,N
WRITE(IOE,300)M(I,J)
300
FORMAT(I3)
7
CONTINUE
C VEUT ON LIRE D'AUTRES MATRICES ?

CONT. PG 4


WRITE(10,170)
170
FORMAT(1X,"STOP=0 ENCORE=1")
READ(IN,110)I
WRITE(IOE,110)I
IF(I.EQ.1)
F
T
GOTO10
1
A1
REWIND 01
STOP
END

TROISIEME PARTIE

LE SYSTEME TELECOM 1

CHAPITRE I - Le système TELECOM I

I.1. DESCRIPTION DU SYSTEME DE TRANSMISSION

I.1.1. Généralités

I.1.2. Le réseau satellite

I.1.3. Les services offerts aux usagers

I.2. LES CONTRAINTES IMPOSEES PAR L'AMRT DE TELECOM I

I.3. LES OBJECTIFS DU PROGRAMME DE GESTION DE TRAME ET SON MODE DE FONCTIONNEMENT

I.1. DESCRIPTION DU SYSTEME DE TRANSMISSION

I.1.1. Généralités cf. |1,2|

Parmi tous les utilisateurs des réseaux de transmission, il existe une catégorie qui depuis ces dix dernières années a rapidement vu ses besoins augmenter ; ce sont les entreprises et leurs différentes composantes. Le développement d'applications nouvelles en téléinformatique (transfert de base de données, répartition de charges entre les calculateurs, conception assistée, informatique répartie) ou l'introduction de services nouveaux tels que : la télématique, la visioconférence, la télécopie, etc. ; constituent autant de facteurs favorables à l'essor de la demande pour le transfert d'informations. Assurer une interconnection complète entre les entreprises en offrant l'ensemble des services énumérés précédemment, impose de nombreuses contraintes au système de transmission.

Tout d'abord, la variété des services est telle que l'on est conduit à transmettre des trafics de débits très variables (de 2,4 kbit/s à 2 Mbit/s) en conséquence, toutes les liaisons entre les stations du réseau devront être dimensionnées pour pouvoir accepter le débit le plus élevé.

Ensuite, le trafic entre les stations est susceptible de fluctuer suivant plusieurs paramètres tels que :

- le temps : l'activité d'une entreprise est loin d'être constante, elle dépend des saisons, des horaires, des contrats, etc.

- l'espace : les entreprises peuvent être implantées n'importe où et changer leur lieu d'activité. Le réseau de transmission n'est pas figé.

L'ensemble de ces contraintes nécessite un réseau très souple, c'est-à-dire pouvant s'adapter sans problème aux variations.

Les structures traditionnelles d'un réseau terrestre sont totalement inadaptées pour ce genre d'usage. Il faudrait installer entre les stations de coûteuses liaisons à haut débit qui la plupart du temps seraient sous-utilisées, d'où une infrastructure longue à mettre en place, figée et ayant globalement un mauvais rendement d'utilisation. De plus, à chaque modification du réseau par ajout, suppression, déplacement d'une station, il faut modifier les lignes en conséquence.

Pour les liaisons interentreprises, c'est vers le satellite que l'on s'est tourné, il représente le meilleur choix car il permet à la fois :

- des liaisons immédiates entre n'importe quelle paire de stations, ou d'une station vers plusieurs autres, à condition qu'elles soient visibles simultanément par le satellite.
- Une mise en oeuvre rapide des liaisons grâce à l'utilisation de petites stations mobiles.
- Un bon rendement d'utilisation des équipements par l'accès multiple par répartition dans le temps (AMRT) avec affectation à la demande. Un tel système permet à chaque station de n'utiliser le satellite que pendant le temps qu'il désire et avec la capacité dont il a besoin.

Le satellite TELECOM 1 est précisément conçu dans le but de devenir le point central d'un réseau de liaisons interentreprises. Son exploitation devrait normalement être possible à partir du deuxième semestre de 1983.

En plus du service de liaisons interentreprises qui est la principale raison d'être du satellite TELECOM 1 il faut en mentionner ici pour mémoire les deux autres missions :

- un canal TV réservé pour de la vidéocommunication en France métropolitaine.
- Un système de liaisons téléphoniques et TV classiques entre les Antilles et la France métropolitaine.

Par la suite, nous ne nous occuperons plus que du système de liaisons interentreprises.

Les choix technologiques pour la réalisation du système de liaisons interentreprises ont été guidés par deux impératifs.

Tout d'abord, le coût, qui a conduit à employer de préférence des techniques déjà développées et éprouvées. Au niveau des stations terrestres, cet impératif nécessitait un prix unitaire aussi faible que possible ce qui a conduit à privilégier la simplicité pour tous les équipements développés en série, et parallèlement, à centraliser les fonctions complexes.

Le deuxième impératif était d'ordre géographique, afin de pouvoir implanter les stations terrestres aussi près que possible des usages (entreprises), on a été conduit pour des raisons technologiques de facilité de coordination des émissions, à attribuer une fréquence d'émission unique à chaque station.

I.1.2. Le réseau satellite

Le réseau satellite est constitué au sol de stations de deux types :

- Les stations "ordinaires"

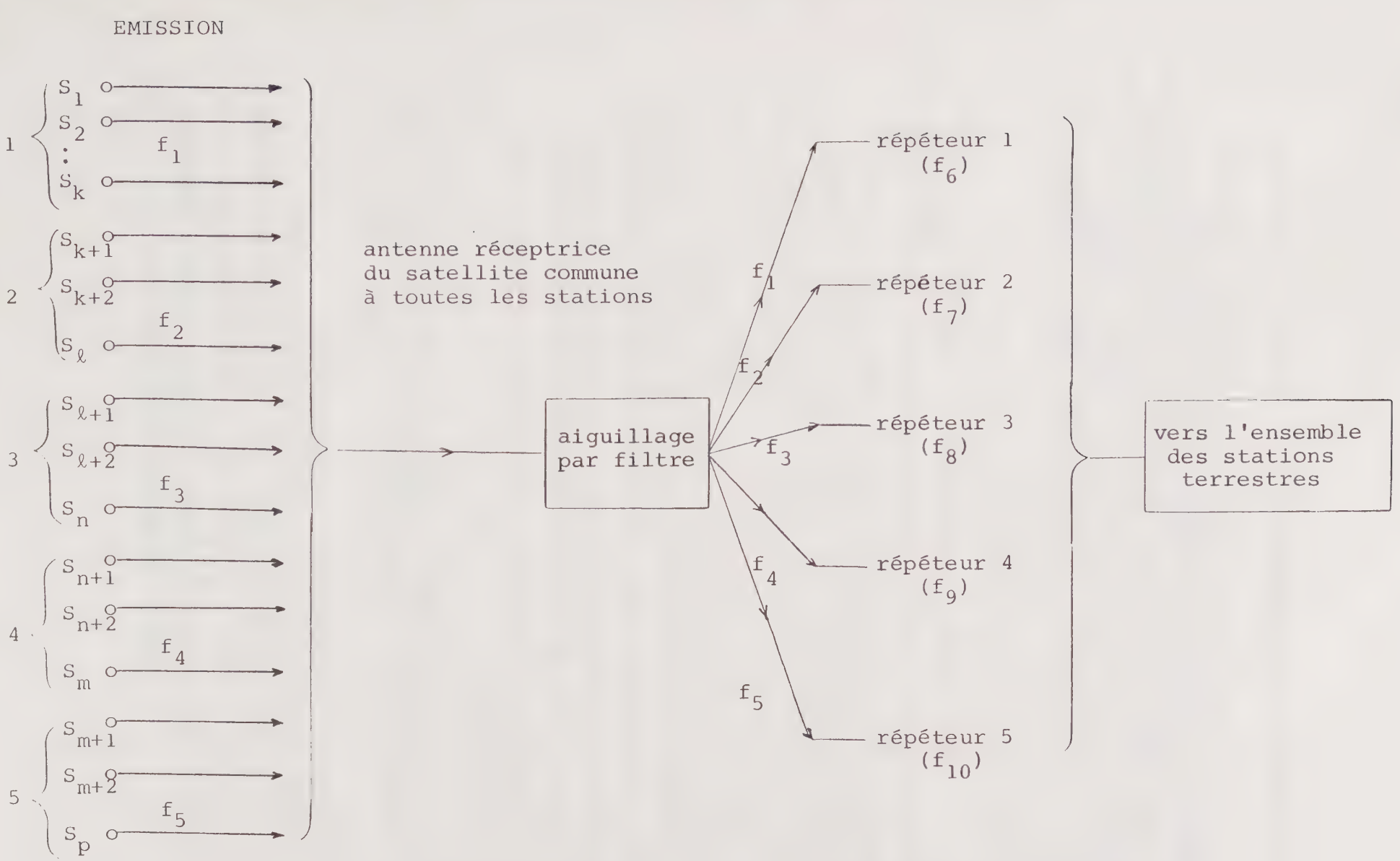
Elles sont de taille réduite, mobiles et implantées au voisinage immédiat des usagers. Leur fonctionnement se fait de manière entièrement automatique. Elles sont équipées d'un seul émetteur et d'un seul récepteur fonctionnant simultanément et indépendamment.

Le réseau de transmissions dispose pour assurer l'ensemble des liaisons montantes des stations terrestres vers le satellite, de 5 fréquences distinctes, (f_1, f_2, ...f_5).

L'émetteur d'une station utilise toujours la même fréquence. A chaque fréquence montante correspond l'utilisation d'un des répéteurs du satellite.

Le récepteur, lui, peut recevoir tour à tour toutes les fréquences provenant des répéteurs du satellite. Cette technique appelée "saut de fréquence" à la réception permet d'assurer l'interconnexion complète du réseau de transmission.

Le réseau peut compter jusqu'à 320 de ces stations qui doivent assurer un service pendant au moins 99% du temps de fonctionnement.



SYNOPTIQUE DU RESEAU DE TRANSMISSION - A SATELLITE TELECOM 1

- Les stations "de référence"

Ce sont celles où sont concentrées toutes les fonctions complexes de synchronisation et de gestion de la trame AMRT. Etant donné leur rôle, si les stations de référence ne fonctionnent plus, plus aucune station ordinaire ne peut émettre, c'est pour cela que la disponibilité des stations de référence a été portée à 99,999% de leur temps de fonctionnement.

Les points d'entrée dans le réseau satellite sont constitués à terre par des équipements AMRT qui permettent aux stations terrestres l'accès multiple vers le satellite. Dans le système AMRT, les informations sont transmises sous forme de paquets d'éléments binaires (trafics), au rythme d'une trame définie par la station de référence : la trame AMRT. Pour assurer le service de liaisons interentreprises, le satellite TELECOM 1 est équipé de 5 répéteurs, en réalité, il s'agit de 5 trames AMRT fonctionnant toutes de manière synchrone. Elles sont partagées en intervalles de temps connexes et contigus qui peuvent être de durée quelconque, variable au cours du temps et qui contiennent normalement des paquets de données (trafics).

La trame AMRT du satellite TELECOM 1 est divisée en 7 zones qui sont successivement par ordre d'apparition.

- La zone "S" : réservée au système AMRT.
- La zone "HD" : pour le trafic de "Haut Débit", c'est-à-dire supérieur à 512 kbit/s.
- La zone "MD" : pour le trafic à "Moyen Débit", compris entre 64 kbit/s et 512 kbit/s.

- La zone "MO" : est une zone de manoeuvre pour le système.

Ce découpage de la trame peut paraître arbitraire mais il était rendu nécessaire par l'ancien système de gestion de trame. Notons en effet qu'il est toujours plus facile d'ordonnancer des trafics lorsqu'ils sont de tailles égales ou sensiblement identiques.

Notre étude portera essentiellement sur la gestion de la zone "MD" qui occupe la plus grande partie de la trame AMRT.

Pour assurer les liaisons descendantes du satellite vers les stations terrestres, chaque répéteur dispose d'une fréquence propre (f_6, f_7,...,f_{10}).

La couverture des antennes du satellite est globale, c'est-à-dire qu'un répéteur peut émettre vers n'importe quelle station du réseau.

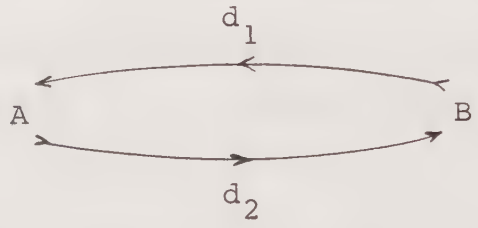
I.1.3. Les services offerts aux usagers

Le service offert aux usagers est un réseau de circuits de transmission numériques, qui peuvent être affectés à la demande soit par "appel" soit par "réservation" et permettent d'établir des communications "point à point" ou "multipoint".

Dans la suite du texte, on entendra par "communication" un service qui permet à deux ou plusieurs usagers d'entrer en relation et d'échanger de l'information. Une communication met en oeuvre une ou plusieurs liaisons de type identique ou différent. On distingue plusieurs types de liaisons.

- Les liaisons "point à point"

Deux stations A et B sont reliées par deux canaux, un canal sert à la voie allée et l'autre à la voie retour. Il est possible que les débits suivant les deux sens de transmission d_1 et d_2 ne soient pas identiques ou bien que seule une des deux voies emprunte le satellite.



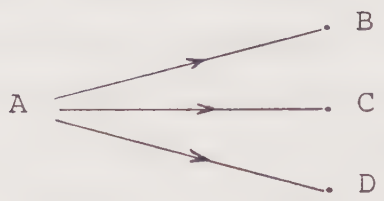
- Les liaisons "multipoint"

Il existe un autre mode de communication appelé "diffusion" qui se rencontre lorsqu'une station A veut transmettre simultanément la même information vers plusieurs autres stations (B, C, D,..) qui peuvent éventuellement avoir une voie de retour vers A, mais ne communiquant pas entre elles.

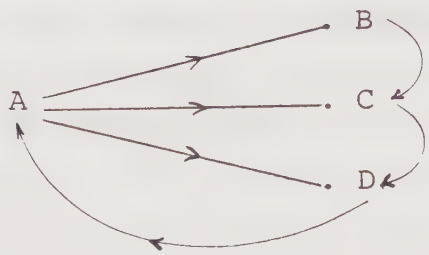
Au niveau de la liaison satellite, une seule voie est utilisée pour aller de la station A vers les autres.

On distingue les différents schémas de transmission suivants :

- La diffusion simple sans voie de retour



- La diffusion avec 1 voie de retour



Une seule voie de retour est utilisée sur la liaison satellite ; elle est affectée à tour de rôle aux stations (B, C, D...) suivant les indications données par A sur un canal spécialisé.

- La diffusion avec voies de retour

Chaque station (B, C, D,...) a sa propre voie de retour vers la station A.

Le deuxième type de liaison "multipoint" est la "consultation" dans laquelle les informations émises par l'intervenant sont reçues par tous les participants. Il s'agit donc d'un type de liaison de diffusion dans lequel les voies de retour sont elles-mêmes des liaisons de diffusion. Ces dernières peuvent là aussi être indépendantes ou utiliser un même intervalle de temps dans la trame, par l'intermédiaire d'un canal spécialisé.

Enfin, dans une "conférence", l'intervenant, désigné par la station A dans un canal spécialisé, est reçu par tous les participants, sauf par l'intervenant lui-même qui, lui, reçoit le précédent intervenant. Ce type de liaison met donc en oeuvre deux voies satellites et un canal de sélection.

Ces différents types de liaison nécessitent la transmission par le satellite d'un ou plusieurs "canaux de données" qui sont portés dans la trame AMRT par un paquet d'éléments binaires (trafic).

Les équipements AMRT des usagers permettent l'accès à deux types de service pour l'établissement des communications par "appel" et par "réservation".

L'établissement d'une communication par "appel" est déclanchée directement par l'usager demandeur. Elle correspond à la demande d'une ou de plusieurs lignes du réseau.

Les communications par "appel" sont établies ou refusées suivant les ressources du réseau et de la trame disponibles au moment de l'appel. La réponse du système qui gère la trame AMRT doit être faite à l'usager dans un délai de quelques secondes.

En cas d'acceptation, la communication est établie pour une durée indéterminée et sauf incident du réseau, elle sera libérée à l'initiative de l'abonné, indépendamment du type et du débit de la communication.

La "réservation" est une possibilité offerte aux usagers de TELECOM 1 leur permettant de retenir par avance les ressources du réseau de transmission nécessaires à l'établissement de leurs communications à venir.

L'enregistrement d'une réservation se fait en temps réel par téléphone ou télégraphe avec un opérateur du "centre de réservation", ou directement, par l'intermédiaire d'une console de supervision et de dialogue connecté au système de réservation. La réservation est en principe possible pour toutes les classes de débit et pour tous les types de liaison. Elle est cependant obligatoire pour certaines classes de service, notamment les très hauts débits (2 Mbit/s), car l'importance des ressources de la trame rend difficile leur affectation en temps réel et pourrait facilement conduire à des blocages du système.

Le temps de réponse du système de gestion de trame à l'usager, doit être dans 80% des cas, inférieur à 8 secondes. Pour répondre à cet impératif, le programme de réservation a été implémenté sur un mini ordinateur utilisé pour la gestion de trame du système.

Pour toutes les liaisons réservées à moyen débit (compris entre 64 kbit/s et 512 kbit/s), c'est-à-dire celles dont nous nous occuperons par la suite, le centre de réservation s'assure seulement que les sommes des capacités réservées sur chaque fréquence sont inférieures à des valeurs fixées, pour la période annoncée.

Le système de gestion de trame doit donc disposer pour toute la période de réservation, de l'état de charge des 5 répéteurs du satellite.

Les liaisons réservées sont, lors de leur établissement en compétition avec celles établies par "appel", pour l'accès aux ressources de la trame. Le fait de ne pas accepter de prendre des réservations au-delà d'un certain taux d'occupation de la trame (fixé arbitrairement par avance) permet d'éviter d'avoir à refuser un trop grand nombre de communications, faute de ressources suffisantes au moment de l'établissement.

On notera que l'établissement d'une communication réservée et l'instant où elle se produit effectivement ne peuvent pas être prévus avec certitude, seul est possible une prévision en terme de probabilité.

D'un point de vue pratique, il a fallu trouver un mode de représentation pour la trame du satellite qui soit suffisamment concis et structuré pour que l'on puisse accéder rapidement aux données et sans que le volume mémorisé soit trop important ni l'utilisation trop complexe.

I.2. LES CONTRAINTES IMPOSEES PAR L'AMRT DE TELECOM I

Nous avons vu précédemment que pour assurer la liaison montante vers le satellite, une station terrestre utilise toujours la même fréquence, cette fréquence est choisie parmi cinq fréquences possibles.

L'ensemble des stations peut être divisé en cinq groupes tels que toutes les stations d'un même groupe utilisent la même fréquence montante.

A chaque fréquence d'émission correspond l'utilisation d'un des cinq répéteurs du satellite, les stations d'un même groupe se partagent donc un même répéteur.

En conséquence, pour qu'il n'y ait pas de conflit d'accès au répéteur, il ne doit pas y avoir plus d'une station par groupe émettant simultanément.

Les liaisons descendantes du satellite vers les stations terrestres, se font sur une fréquence différente suivant chaque répéteur.

Le récepteur d'une station terrestre peut recevoir les cinq fréquences provenant des répéteurs du satellite mais il ne peut pas recevoir plus d'une fréquence à la fois. Il se cale successivement sur une fréquence différente suivant le répéteur qui émet le message qui lui est destiné, c'est ce que l'on appelle le "saut de fréquence à la réception".

Afin d'empêcher les conflits à la réception, les trafics provenant de différents répéteurs ne doivent pas s'adresser simultanément à la même station.

Que ce soit en émission ou en réception, les contraintes rencontrées sont uniquement des contraintes d'exclusion (type disjonctif).

I.3. LES OBJECTIFS DU PROGRAMME DE GESTION DE TRAME ET SON MODE DE FONCTIONNEMENT

Nous allons considéré à présent un système plus simple que le système réel, seul différent les deux points suivants :

D'une part, la gestion de trame portera seulement sur une partie de la trame AMRT, sa capacité est fixée à 22528 kbit/s et désormais quand nous parlerons de trame AMRT, c'est seulement de cette partie dont il s'agira.

D'autre part, nous considèrerons uniquement des trafics de débit 72 kbit/s et 88 kbit/s.

Le but est de créer pour ces trafics un programme efficace de gestion qui puisse fonctionner tant en réservation qu'en mode par "appel". Les fonctions seront "l'établissement", la "suppression" et le "tassement" des communications sur la trame.

Lors d'une demande de réservation de communication, le système de gestion compare à un seuil fixé d'avance, le nouvel état de charge de la trame obtenu en ajoutant le trafic demandé aux autres trafics. La communication est acceptée si la nouvelle somme des trafics ne dépasse pas un certain seuil. Suivant la durée de la communication cette comparaison s'effectue sur un ou plusieurs paliers. En cas d'acceptation, la communication est effectivement enregistrée et l'on modifie en conséquence l'état de charge de la trame sur la période réservée.

"L'établissement" d'une communication est la fonction la plus complexe de la gestion de trame, c'est aussi celle qui nécessite le plus de temps. En effet, lors de chaque demande, par "appel" ou par "réservation", le programme de gestion doit rechercher dans l'emploi du temps du système, un intervalle libre, sans conflit, et de durée suffisante pour y placer la communication. Une fois cet intervalle trouvé, il faut procéder à l'assignation de la communication, c'est-à-dire modifier en conséquence l'emploi du temps.

La "suppression" d'une communication est l'opération inverse de l'assignation, on modifie l'emploi du temps pour qu'une liaison donnée ne figure plus. C'est une opération simple ne nécessitant que très peu de temps.

Dans les deux modes de travail, par "appel" et par "réservation", et quel que soit l'état de charge de la trame, le programme de gestion devra être en mesure, par palier de 10 minutes, d'accepter ou de refuser, jusqu'à 200 demandes d'établissement de communication et de supprimer jusqu'à 200 communications établies.

Le "tassement" est la troisième fonction du programme de gestion, elle entre automatiquement en action chaque fois qu'un travail vient d'être achevé et qu'aucune demande d'établissement ou de suppression de communication n'est en attente. Il a pour but de regrouper sur la trame les espaces libres. Ceci permet, d'une part, de diminuer sensiblement le temps de réponse du programme lors d'une demande d'établissement d'une communication et d'autre part, d'obtenir une utilisation accrue de la capacité de la trame en réduisant chaque fois que c'est possible les intervalles vides entre les paquets de trafics.

CHAPITRE II - Gestion de la trame AMRT

II.1. CHOIX D'UN MODE DE REPRESENTATION

II.2. DESCRIPTION DE L'ALGORITHME DE GESTION DE TRAME

II.2.1. Introduction
II.2.2. Algorithme de création d'une liaison
II.2.3. Suppression d'une liaison
II.2.4. Tassement des trafics

II.3. CONCLUSION

II.1. CHOIX D'UN MODE DE REPRESENTATION

L'efficacité du programme de gestion de trame et sa rapidité sont des qualités directement liées au mode de représentation choisi pour le plan de charge du système.

La modélisation a été choisie dans le but de simplifier le plus possible le travail du programme de gestion de trame et notamment la plus lourde de ses fonctions qui est de répondre à une demande d'établissement de communication.

Que les demandes d'établissement ou de suppression de communication proviennent d'un "appel" ou d'une "réservation", la procédure de travail du programme de gestion est la même.

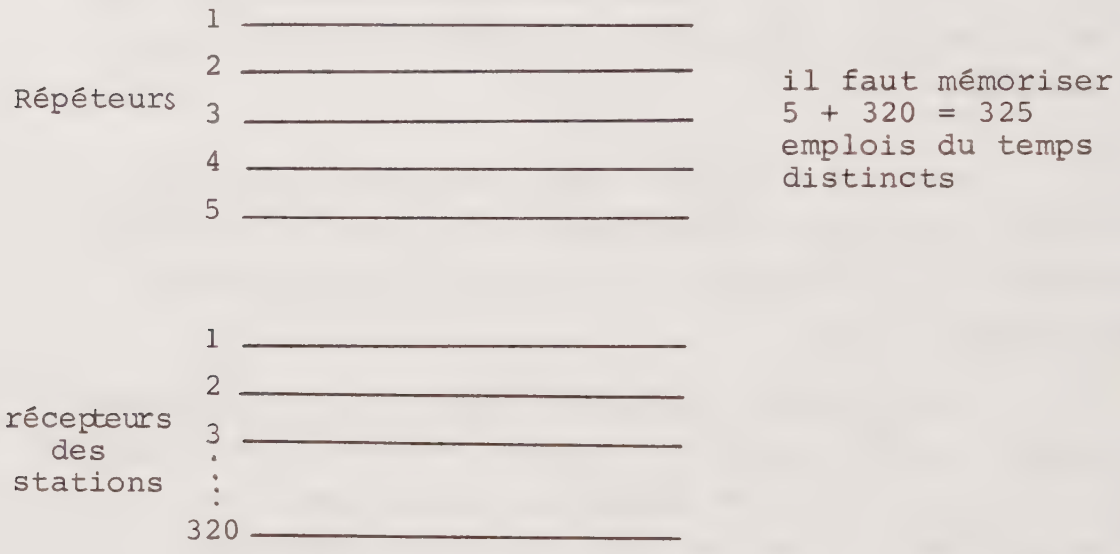
Connaissant la station émettrice, le programme commence par déterminer le répéteur du satellite à emprunter. Il utilise pour ce faire une table établissant la correspondance entre les stations et les répéteurs.

Une communication ne peut être établie que s'il existe sur la trame du répéteur un intervalle de temps suffisant pour y placer le trafic et tel qu'il n'y ait de conflit ni en émission, ni en réception.

La condition suffisante pour qu'il n'y ait pas de conflit au niveau de l'émission est simplement que le répéteur utilisé par la station soit libre durant un intervalle de temps suffisant pour y placer la communication.

Il ne faut pas non plus que pendant cet intervalle de temps, il y ait conflit en réception, c'est-à-dire que le récepteur de la station auquel est destiné le trafic soit déjà occupé.

Pour cette recherche, le programme de gestion de trame dispose, sur la durée d'une trame, d'une part, de l'emploi du temps de tous les répéteurs du satellite et d'autre part, de l'emploi du temps du récepteur de toutes les stations du réseau.

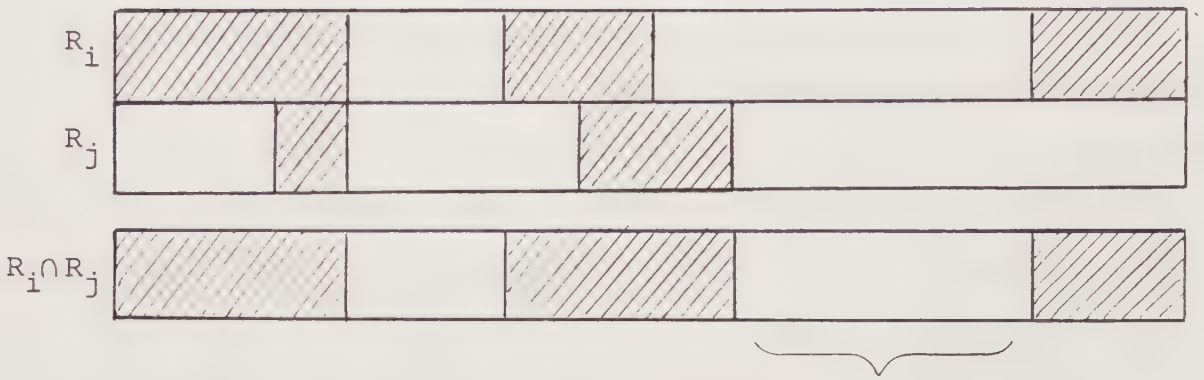


Le travail du programme de gestion de trame consiste en la recherche d'une intersection libre entre l'emploi du temps du répéteur et celui du ou des répéteurs concernés, qui soit de taille suffisante pour que l'on puisse y placer le nouveau trafic.

Exemple : Communication "point à point" :

On convient de désigner l'emploi du temps du répéteur utilisé par R_i et par R_j celui du récepteur de la station terrestre.

Supposons que le trafic à placer ait une taille égale à trois unités.



Intervalle libre de taille suffisante pour y placer le trafic de 3 unités.

1 unité

période de l'emploi du temps pendant lequel l'équipement est occupé.

En l'absence d'un tel intervalle et lorsque la demande provient d'un appel, la communication est refusée, par contre si la demande fait suite à une réservation, elle sera reproposée ultérieurement.

L'implantation du programme de gestion sur un mini ordinateur travaillant avec des mots de 16 bits, nous a conduit à choisir, pour les emplois du temps, une division en tranches de 800 bit/s.

La trame AMRT de capacité 22528 kbit/s est représentée par 28160 unités de 800 bit/s et les trafics de débit 72 et 88 kbit/s par 90 et 110 unités.

Les emplois du temps des 5 répéteurs du satellite et des 320 récepteurs des stations terrestres sont donnés par les paramètres des communications (descripteurs) chaînés logiquement entre eux de manière à faciliter les recherches nécessaires à la gestion de trame.

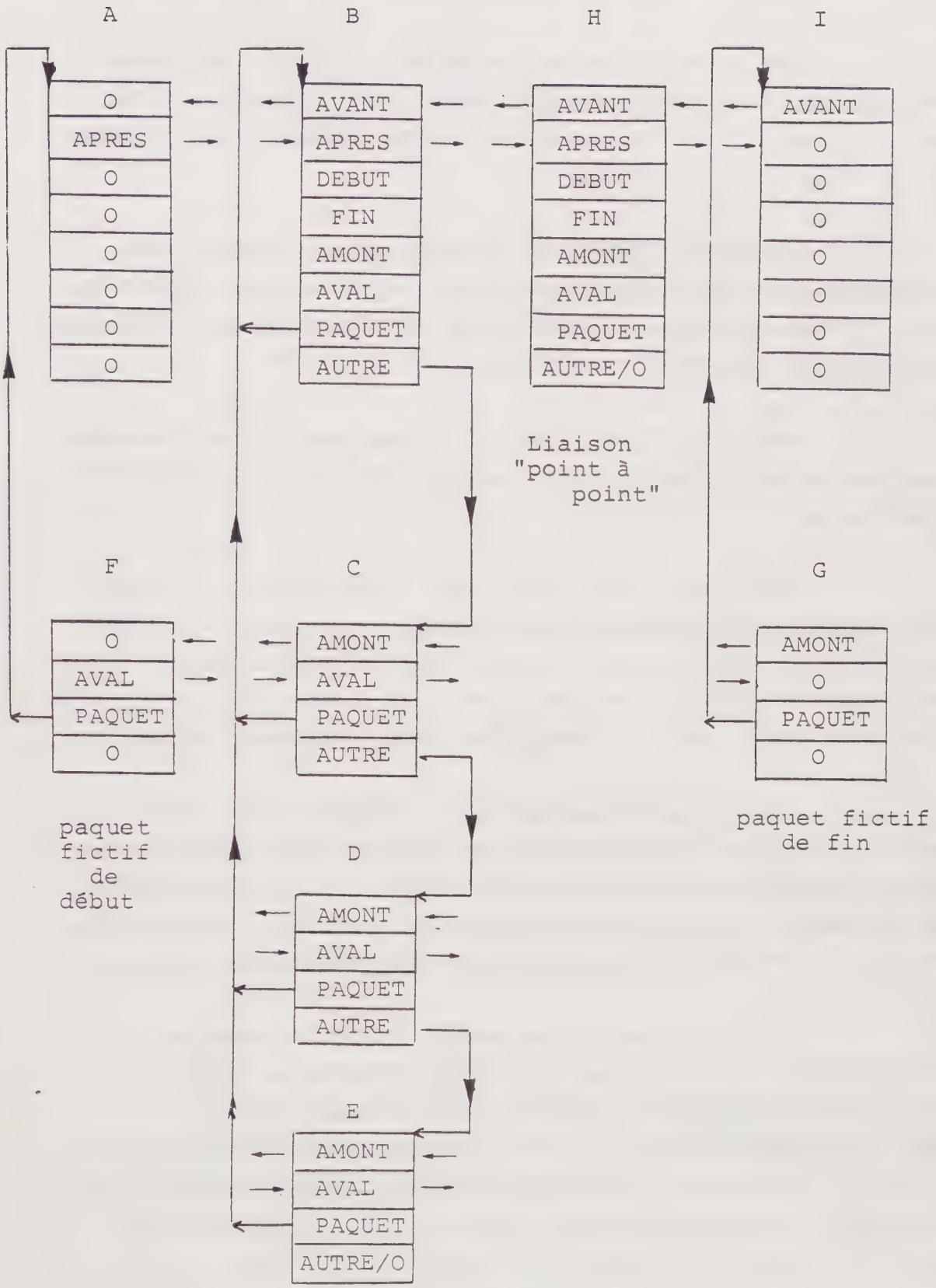
La structure des informations sous forme chaînée présente les avantages suivants :

- Un accès rapide aux trafics à modifier par parcours du chaînage correspondant à la nature de la recherche.
- Une modification, par ajout ou suppression, d'une liaison ne change qu'un minimum d'éléments en mémoire et ne nécessite pratiquement que la modification des chaînages.
- Contrairement à la structure en tables, les chaînages permettent une grande souplesse d'utilisation en banalisant complètement la mémoire de stockage. Ils autorisent toutes sortes d'associations logiques entre les éléments.

L'emploi du temps complet du système de transmission est représenté sous forme d'une liste d'éléments appelés descripteurs.

Ce sont des groupes de 4 ou 8 mots reliés entre eux par des chaînages.

Les trafics correspondant à une liaison "point à point" sont représentés par un descripteur de 8 mots (H).



Liaison "multipoint"
d'une station vers 4 autres

STRUCTURE ET CHAINAGE DES DESCRIPTEURS DE
L'EMPLOI DU TEMPS DU SYSTEME

Les quatre premiers mots de celui-ci contiennent des informations relatives à l'emploi du temps d'un répéteur du satellite, les quatre suivants celles du récepteur de la station destinatrice.

Les mots "AVANT" et "APRES" sont relatifs aux chaînages temporels des trafics sur la trame des répéteurs. Ils contiennent respectivement les adresses des descripteurs des trafics précédents et suivant sur la trame.

Les mots "DEBUT" et "FIN" désignent respectivement les abscisses de début et de fin de trafic sur la trame du répéteur.

Les mots "AMONT" et "AVAL" contiennent le chaînage temporel des trafics dans l'emploi du temps du récepteur de la station destinatrice. "PAQUET" contient un pointeur qui désigne le descripteur du trafic reçu. "PAQUET" contient ici 0, nous verrons plus loin quel est son utilité.

Une liaison "multipoint" d'une station vers k autres stations, nécessite un descripteur de 8 mots (B). Il est chaîné à l'aide de "AUTRE" avec (k-1) descripteurs de 4 mots (C , D , E), chacun correspond à l'emploi du temps d'un récepteur d'une station destinatrice.

On a convenu d'introduire des descripteurs correspondants à des trafics fictifs placés au début et à la fin des emplois du temps (sur la figure A et I pour les répéteurs et F et G pour les récepteurs). Ces trafics fictifs ont une durée nulle et ne sont jamais déplacés, ils ne perturbent donc pas la gestion de trame.

Les avantages de ces descriptions sont d'une part, d'éviter un traitement spécifique pour les trafics réels placés en début et en fin de chaînage. En effet, tout trafic réel est ainsi précédé et suivit d'un autre trafic dans le chaînage temporel.

Les descripteurs sont rangés dans un tableau comme il est présenté sur la figure ci-après. La disposition "horizontale" des éléments d'un descripteur permet d'atteindre n'importe quel élément du descripteur avec un seul indice Xi. Il suffit simplement de l'appeler par son nom (AVANT (Xi).(APRES (Xi),... au lieu de procéder à partir de l'adresse du descripteur à de constants calculs d'index. La zone réservée pour le stockage des descripteurs de l'emploi du temps des récepteurs est plus importante que la zone réservée aux descripteurs de l'emploi du temps des récepteurs du fait de l'existance de liaisons multipoints.

Le programme de gestion de trame dispose de plusieurs tables dites "tables des racines".

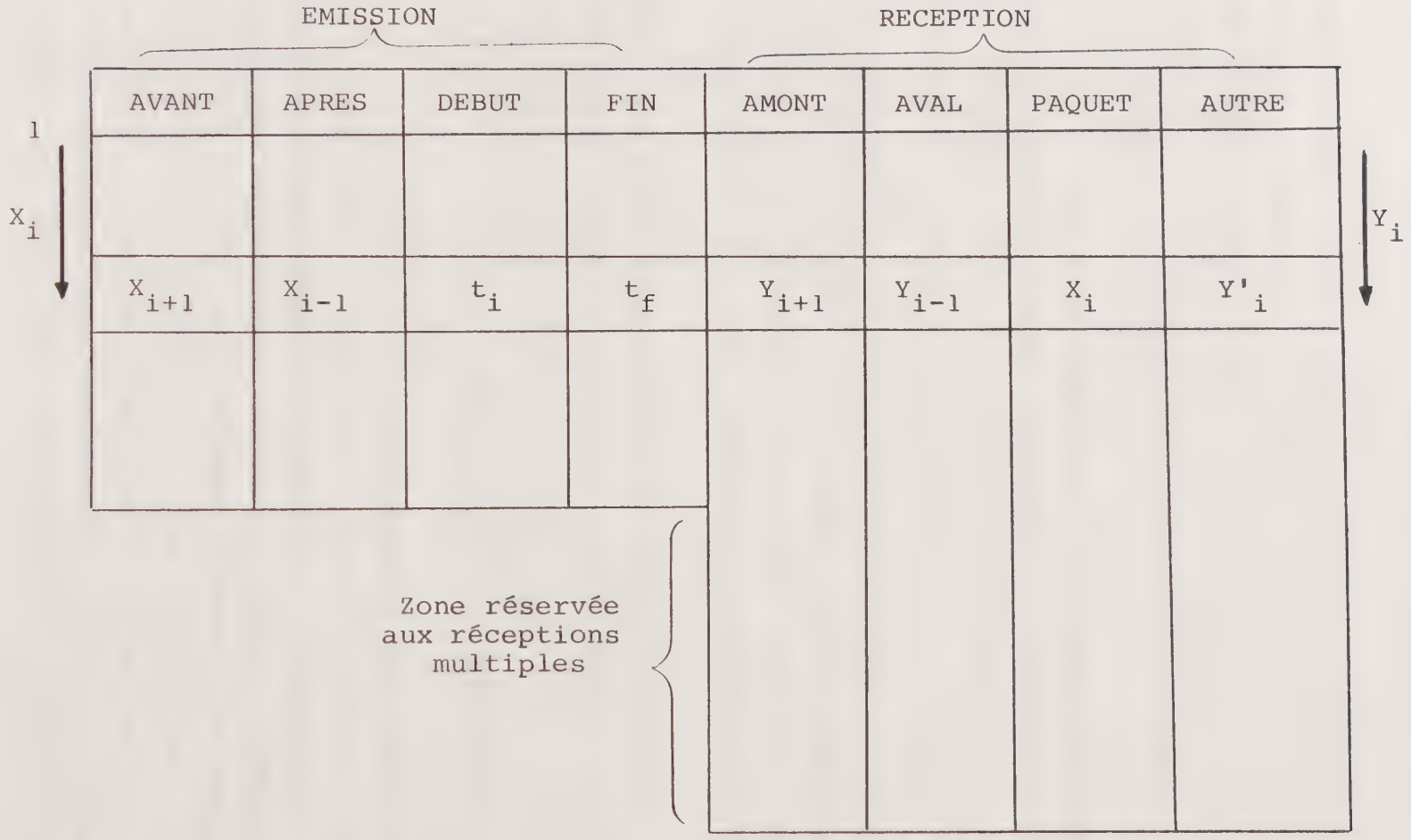
- La table des "racines en émission".

On y trouve rangé les adresses des cinq descripteurs correspondant aux paquets fictifs de début d'emploi du temps des récepteurs du satellite. Elle permet de trouver facilement le point de départ du chaînage temporel des descripteurs de l'emploi du temps d'un récepteur quelconque.

- La table des "racines à réception"

Elle permet d'accéder aux adresses des 320 descripteurs correspondants aux paquets fictifs de début d'emploi du temps de chaque récepteur de station terrestre.

Afin de faciliter le travail de gestion de trame lors d'une modification de l'emploi du temps du système de transmission, les indexes des descripteurs inutilisés sont chaînés entr eux.



STRUCTURE DE LA MEMOIRE CONTENANT LES DESCRIPTEURS

Il y a un chaînage séparé pour les indices des descripteurs libres en émission et pour les indices des descripteurs libres en réception.

II.2. DESCRIPTION DE L'ALGORITHME DE GESTION DE TRAME

II.2.1. Introduction

Les instructions concernant les modifications de l'emploi du temps du système de transmission, c'est-à-dire les demandes de création ou de destruction de communication sont stockés dans une table de file d'attente. Le programme de gestion de trame exécute ces instructions les une après les autres en respectant leur ordre d'arrivée.

Les instructions sont composées d'une suite de mots.

- Etablissement d'une liaison :

1er mot : indique au système qu'il s'agit d'une demande d'établissement de liaison (Code = 1).

2ème mot : Donne le numéro du répeteur du satellite.

3ème mot : C'est le débit du trafic (1 unité = 800 bit/s).

4ème mot : Numéro de la station terrestre à laquelle est destiné le trafic.

5ème mot et éventuellement suivants.

Les numéros des autres stations réceptrices dans le cas d'une liaison "multipoint".

Un mot contenant 0 marque qu'il n'y a pas d'autres stations réceptrices.

EXEMPLE 1 : Soit à créer une liaison "point à point" de la station terrestre n° 238 du réseau utilisant le récepteur n° 4 du satellite, à destination de la station terrestre n° 132 pour un trafic de 110 unités (1 unité = 800 bit/s).

1er mot	: 1	Création de liaison
2ème mot	: 4	Numéro du récepteur du satellite
3ème mot	: 110	Débit du trafic
4ème mot	: 132	Station destination
5ème mot	: 0	Il n'y a pas d'autre station destination.

EXEMPLE 2 : Soit à créer une liaison "multipoint", de la station n° 129 utilisant le récepteur n° 3 à destination des stations n° 133, 89 et 72 pour un trafic de 90 unités.

1er mot	: 1	Création d'une liaison
2ème mot	: 3	Numéro du récepteur utilisé
3ème mot	: 90	Débit du trafic
4ème mot	: 133	
5ème mot	: 89	Numéro des stations destinations.
6ème mot	: 72	
7ème mot	: 0	

Supposons que le descripteur correspondant à cette liaison multipoint soit implanté à l'indexe 27 dans la table des descripteurs.

- Suppression d'une liaison établie

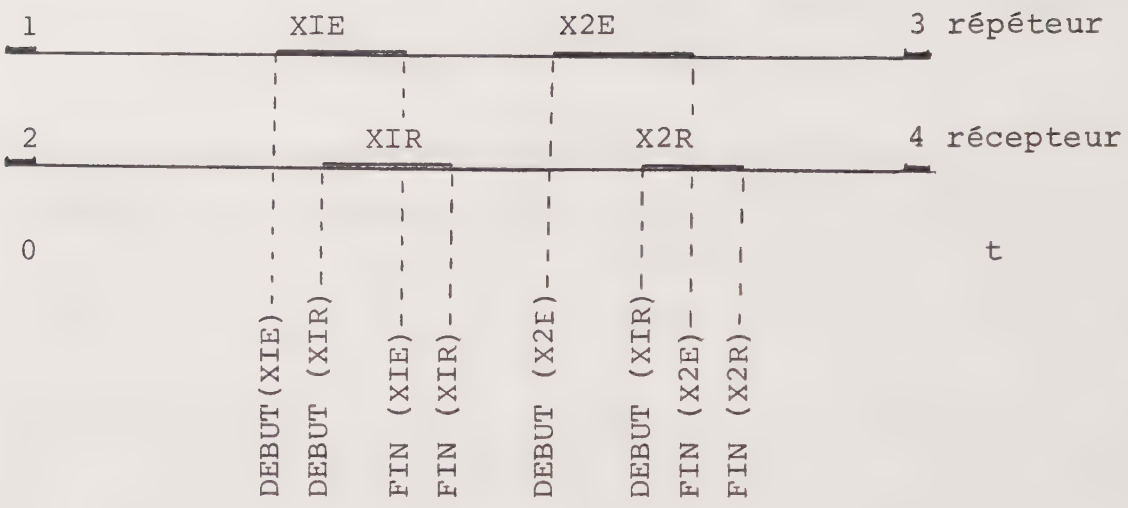
1er mot	:	Indique au système qu'il s'agit d'une suppression (Code - 1).
2ème mot	:	Contient l'indexe du descripteur correspondant à la liaison à supprimer.

EXEMPLE-3 : On veut supprimer la liaison crée dans l'exemple 2.

1er mot	:	- 1
2ème mot	: 27	Adresse du descripteur correspondant à la liaison à supprimer.

Dans le cas où le programme de gestion trouve une file d'attente vide, il exécute un "tassement" puis revient consulter la file d'attente.

Notations



1 et 2 sont les paquets fictifs de début d'emploi du temps

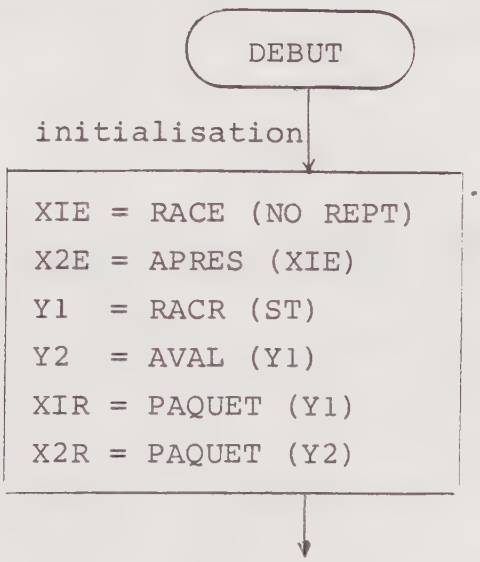
3 et 4 sont les paquets fictifs de fin d'emploi du temps.

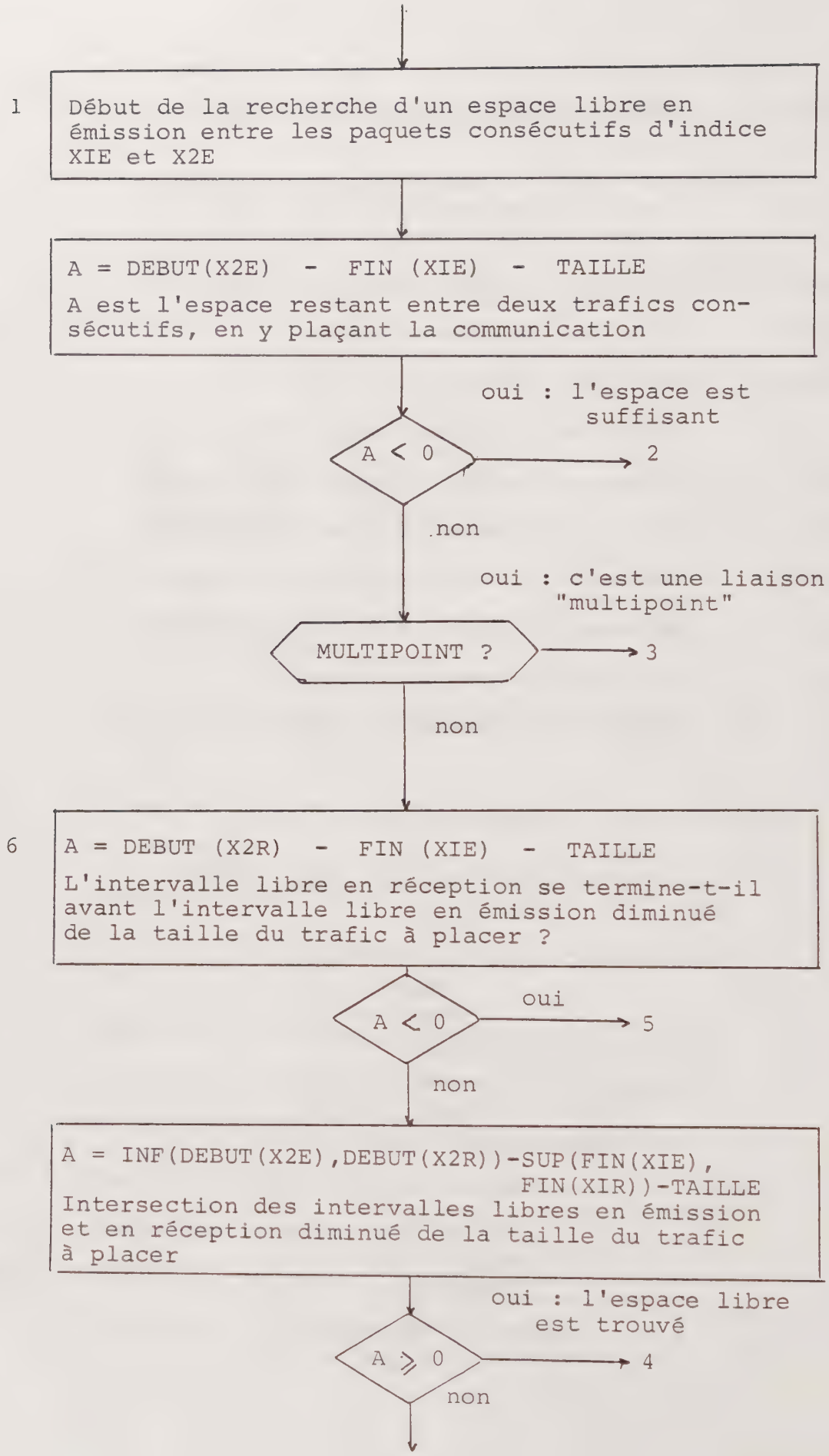
XIE	index du descripteur du paquet de trafic courant en émission
X2E	index du descripteur du paquet suivant X1E
XIR	index du descripteur du paquet courant en réception
X2R	index du descripteur du paquet suivant x&r
Y1	index du descripteur courant en réception
Y2	index du descripteur suivant en réception
RACE()	table des racines en émission
RACR()	table des racines en réception
NOREPT	numéro du répéteur à utiliser
ST	numéro de la station en réception.

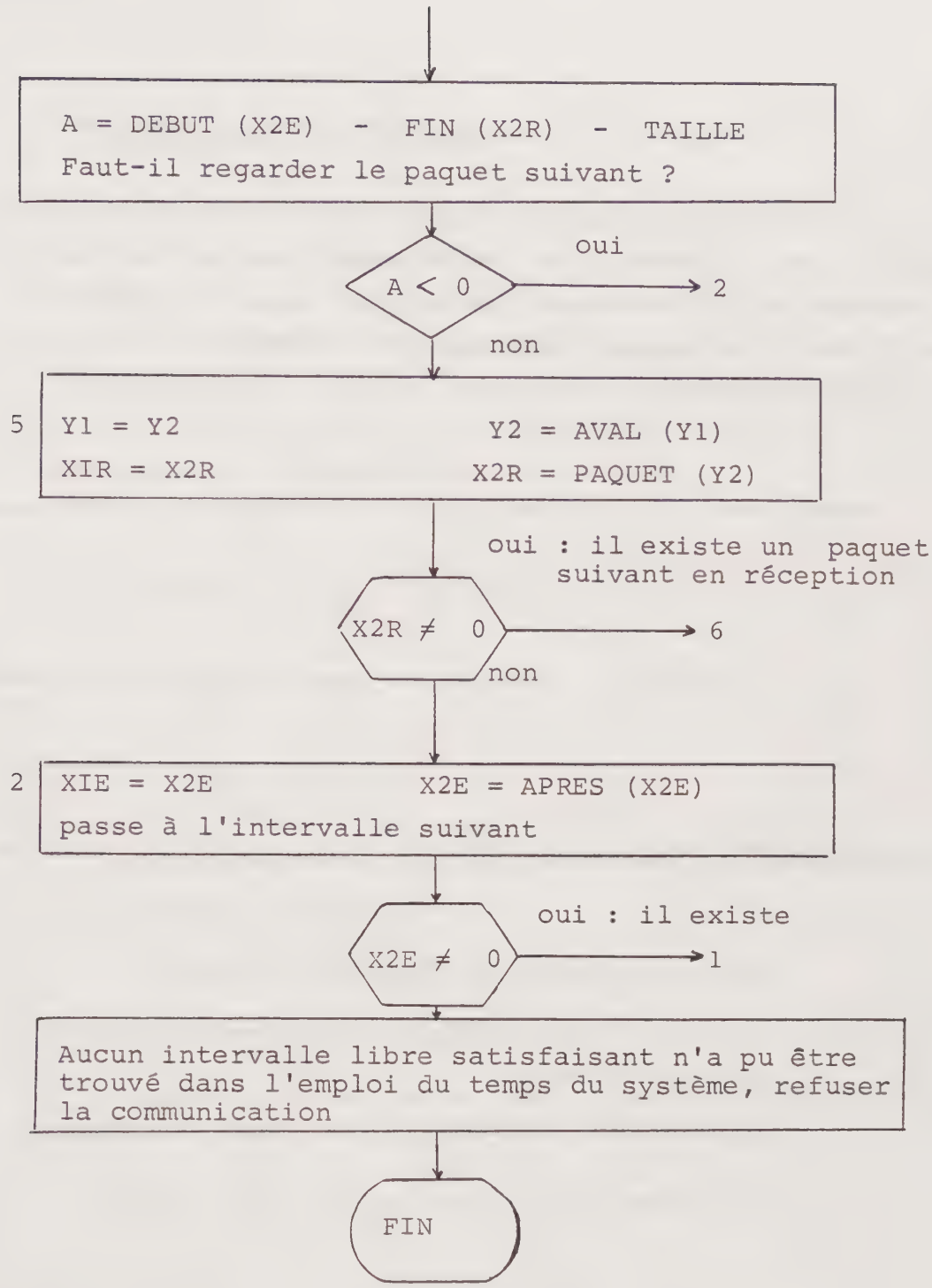
Notations utilisées par l'algorithme d'établissement

X_i	pointeur d'un descripteur en émission
Y_i	pointeur d'un descripteur en réception
RACE()	table des racines émission
RACR()	table des racines réception
NOREPT	numéro du répéteur utilisé
ST	numéro de la station utilisée
XIE	pointeur du paquet courant en émission
X2E	pointeur du paquet suivant en émission
XIR	pointeur du paquet courant en réception
X2R	pointeur du paquet suivant en réception
Y1	pointeur du récepteur courant
Y2	pointeur du récepteur suivant

II.2.2. Algorithme de création d'une liaison



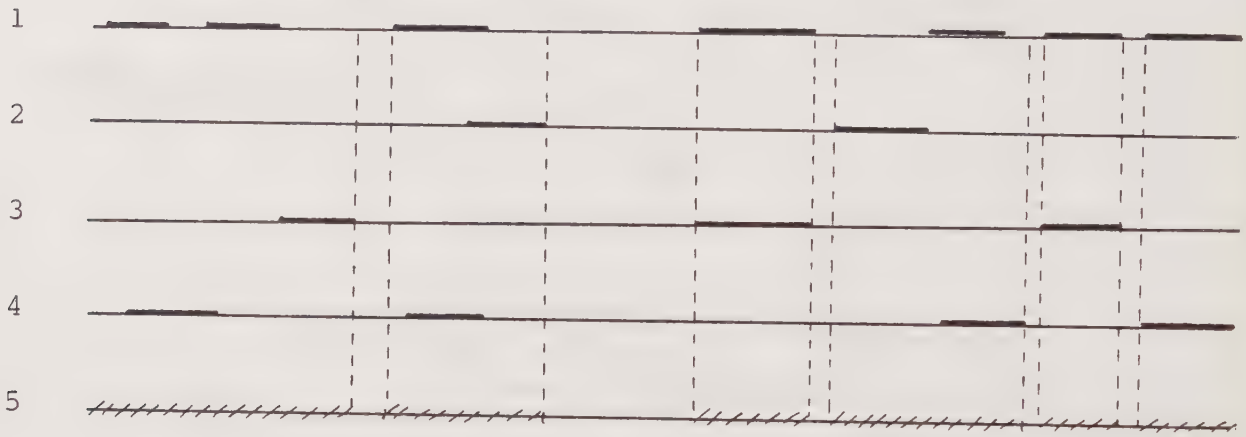

1
Début de la recherche d'un espace libre en émission entre les paquets consécutifs d'indice XIE et X2E
A = DEBUT(X2E) - FIN (XIE) - TAILLE
A est l'espace restant entre deux trafics consécutifs, en y plaçant la communication
oui : l'espace est suffisant
A < 0
2
non
oui : c'est une liaison "multipoint"
MULTIPOINT ?
3
non
6
A = DEBUT (X2R) - FIN (XIE) - TAILLE
L'intervalle libre en réception se termine-t-il avant l'intervalle libre en émission diminué de la taille du trafic à placer ?
A < 0
oui
5
non
A = INF(DEBUT(X2E),DEBUT(X2R))-SUP(FIN(XIE), FIN(XIR))-TAILLE
Intersection des intervalles libres en émission et en réception diminué de la taille du trafic à placer
oui : l'espace libre est trouvé
A ⩾ 0
4
non



4 Assignation de la communication et modification des chaînages des descripteurs.

3

Le traitement d'une liaison "multipoint" se fait sur le même principe que précédemment, par recherche d'une intersection libre entre l'emploi du temps du répéteur utilisé et les emplois du temps des récepteurs des stations destinatrices.



1 emploi du temps du répéteur utilisé

2, 3 et 4 emploi du temps des récepteurs des stations destinataires.

5 intersection des emplois du temps précédents.

Les segments hachurés sont inutilisables.

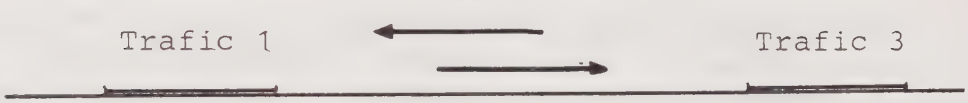
II.2.3 Supression d'une liaison

La donnée fournie au programme de gestion est l'index du descripteur correspondant au trafic à supprimer. A partir de cet index, il faut modifier les chaînages temporels des paquets de trafic précédent et suivant, en émission comme en réception. Puis de mettre à O tous les éléments des descripteurs correspondants au trafic.

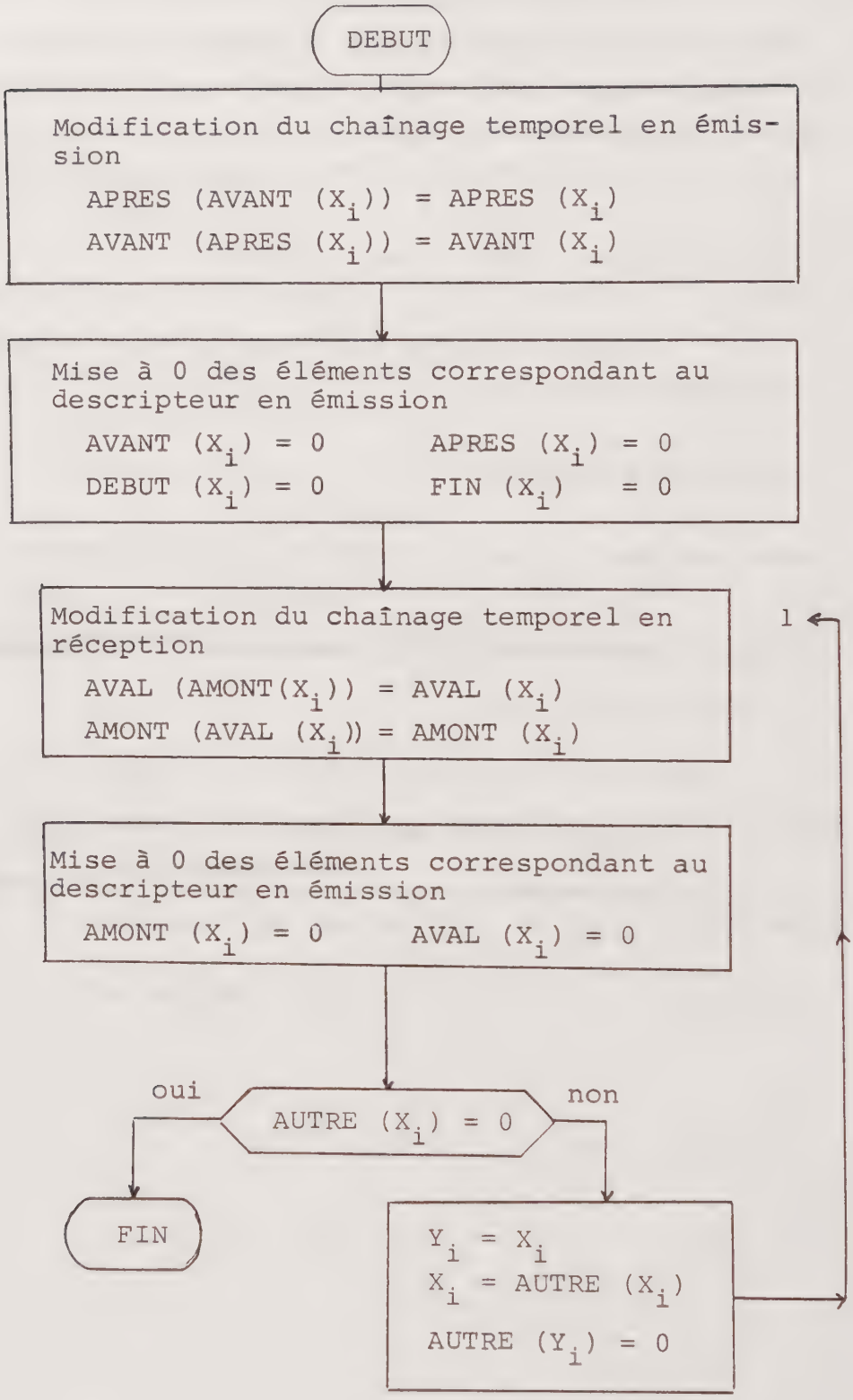
Modification du chaînage lors de la supression du trafic 2.

- Ancien chaînage

- Nouveau chaînage



Algorithme de suppression d'une liaison



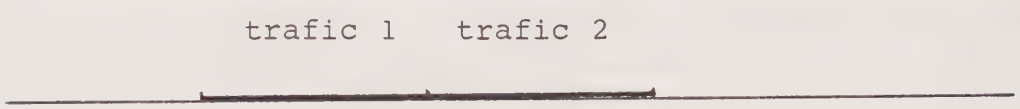
II.2.4. Tassement des trafics

Les emplois du temps des répéteurs sont explorés systématiquement depuis le début jusqu'à la fin.

Dès qu'un espace libre est rencontré entre deux trafics, on applique l'algorithme d'établissement présenté précédemment afin de voir s'il est possible de rapprocher le trafic suivant.

- Avant tassement - état initial de la trame

- Après tassement - état final de la trame



Il n'est pas toujours possible de décaler le trafic 2 vers la gauche de manière à ne plus avoir d'espace libre.

Parfois on ne peut réduire qu'un peu l'espace libre :

Etat final de la trame

CONCLUSION

Le développement d'un programme de gestion des ressources spécifiquement adaptées au système de transmission utilisant le satellite TELECOM 1 va permettre aux usagers que sont les entreprises d'écouler sans problème le surcroit de charge entraîné par l'adoption des services nouveaux (téléinformatique, visioconférence, télécopie, etc...).

Les fonctions du programme de gestion ont été spécialement étudiées de manière à pouvoir répondre au double objectif suivant :

- La possibilité de travail en temps réel.

D'autre part, grâce à l'implémentation du programme sur un miniordinateur.

D'autre part, par la simplification des opérations grâce à une structure chaînée des informations.

- Une utilisation optimale des ressources.

La fonction de "tassement" permet de récupérer les resources normalement utilisées et ainsi d'atteindre en principe un rendement d'utilisation voisin de l'optimum théorique.

Les algorithmes présentés dans cette partie permettent une gestion rationnelle des trafics pour le système de transmission à satellite TELECOM 1 tout en conservant pour les utilisateurs une grande souplesse s'utilisation.

BIBLIOGRAPHIE

1. Le système TELECOM 1
A paraître "Techniques de l'ingénieur" 1982.
D. LOMBARD, P. RAMAT, F. RANCY.

2. TELECOM 1
Equipement d'interface avec le réseau terrestre et d'accès multiple par répartition dans le temps pour le système intraentreprise TELECOM 1.
Avril 1981, CNET.